

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Г. І. ГУРІНА

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ
ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів I курсу денної форми навчання
освітнього рівня «магістр» за спеціальністю
161 – Хімічні технології та інженерія)*

Харків

ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

2020

Гуріна Г. І. Інноваційні технології у виробництві хімічних речовин та матеріалів : конспект лекцій (для студентів 1 курсу денної форми навчання освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Г. І. Гуріна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 48 с.

Автор Г. І. Гуріна

Рецензент

О. О. Мураєва, кандидат хімічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою хімії та інтегрованих технологій, протокол № 5 від 15.10.2019.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Основні поняття та принципи інноваційної діяльності у виробництві хімічних речовин та матеріалів	6
2 Інноваційні технології у виробництві лаків з низьким вмістом ЛОС	10
3 Інноваційні технології у виробництві пігментів.....	17
4 Питання для самоконтролю.....	22
5 Інноваційні технології виробництва наноконпозиційних матеріалів.....	22
6 Інноваційні технології виробництва полімерних композиційних пігментованих матеріалів.....	28
7 Питання для самоконтролю.....	37
8 Інноваційні технології одержання воднодисперсійних теплоізоляційних, інтумесцентних матеріалів.....	37
9 Питання для самоконтролю.....	47

ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Інноваційні технології у виробництві хімічних речовин та матеріалів» є засвоєння та ознайомлення студентів з правовими, економічними та організаційними засадами регулювання інноваційної діяльності, спрямованих на підвищення конкурентоспроможності підприємств, особливості побудови технологічних систем, які забезпечують організацію процесів виготовлення сучасних матеріалів та виробів з них, засвоєння основних принципів та навичок створення та «читання» проектно-конструкторської документації, а також надання практичних навичок щодо прогнозування складу, структури та властивостей матеріалів, виміру параметрів процесів в навколишньому середовищі та технологічних системах при виготовленні виробів і перевірки їх якості та експлуатаційній надійності. Вивчення дисципліни необхідно студентам для забезпечення здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях, обґрунтовувати проектно-конструкторські рішення в галузі, розробляти нові та вдосконалювати відомі хімічні технології і обладнання на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, а також засвоєння наступних професійно-орієнтованих і спеціальних дисциплін у галузі хімічних технологій та інженерії.

Для досягнення мети поставлені такі основні завдання: надати можливість здійснювати усвідомлену навчально-пізнавальну діяльність за індивідуальними здібностями; сформулювати комплексне бачення щодо використання єдиних принципів прогнозування та аналізу побудови, складу, структури, властивостей та дієздатності складних природних та штучних систем; надання навичок до визначення в технологічних системах та найбільш поширених виробничих процесах з використанням основних методів фізико-хімічного аналізу властивостей матеріалів та експлуатаційних характеристик виробів з цих матеріалів; розширити свідомість про методи контролю за параметрами здійснення виробничих процесів, які забезпечують якість та надійність товарних продуктів; надання навичок до сучасних методів створення та «читання» проектно-конструкторської документації.

Предметом навчальної дисципліни є технологічні системи, які є основою виготовлення сучасних матеріалів та виробів з них.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: предмет і завдання навчальної дисципліни, її значення для технологічної та економічної підготовки комплексного спеціаліста; загальні тенденції розвитку новітніх хімічних технологій у передових країнах, оцінювати ефективність передових хімічних технологій, впроваджувати найбільш ефективні методи та прийоми у

практичну виробничу діяльність; характерні ознаки еволюційних та інноваційних процесів розвитку складних систем, основні положення синергетики – міждисциплінарної галузі знань; основні технологічні процеси та закономірності їх розвитку і взаємозв'язку в промислових умовах; основні методи забезпечення якості продукції, роль у цьому конструкторсько-технологічної документації, стандартизації, метрології та сертифікації; надійність технологічних систем, критичні відмови елементів систем та основні фактори впливу на взаємозв'язки між елементами; основні методи контролю параметрів технологічних процесів та різновиди сучасної апаратури для їх виміру та випробуванню промислових виробів на експлуатаційну придатність;

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти: виділяти структурні елементи складних систем та класифікувати їх взаємовідносини за домінантними ознаками; відрізняти речовини та матеріали за агрегатним станом, структурою та фазовим складом; використовувати особливості побудови класифікації для визначення металів та сплавів, керамічних та високомолекулярних сполук; створювати конструкторсько-технічну документацію згідно правил та норм нормативно-технічної документації; вимірювати основні параметри технологічних процесів і матеріалів та контролювати їх значення за допомогою апаратурно-технічних засобів; складати матеріальний та енергетичний баланси технологічних процесів; складати загальні схеми технологічних процесів та обирати та рекомендувати потрібне устаткування.

1 Основні поняття та принципи інноваційної діяльності у виробництві хімічних речовин та матеріалів

Термін «інновація» походить від латинського «novatio», що означає «оновлення» (або «зміна»), і приставки «in», яка перекладається з латинської як «в напрямок», якщо перекладати дослівно «Innovatio» – «в напрямку змін». Саме поняття innovation вперше з'явилося в наукових дослідженнях ХІХ століття. Нове життя поняття «інновація» отримало на початку ХХ століття в наукових роботах австрійського і американського економіста Й. Шумпетера в результаті аналізу «інноваційних комбінацій», змін у розвитку економічних систем. Шумпетер був одним з перших учених, хто в 1900-х рр. ввів в наукове вживання даний термін в економіці. Інновацією є не будь-яке нововведення або нововведення, а лише таке, яке серйозно підвищує ефективність діючої системи. Всупереч поширеній думці, інновації відрізняються від винаходів. Розрізняють такі види інновацій:

Технологічні – отримання нового або ефективного виробництва існуючого товару, виробу, техніки, нові або удосконалені технологічні процеси. Інновації в області організації і управління виробництвом не належать до технологічних.

Соціальні (процесні) – процес оновлення сфер життя людини в реорганізації соціуму (педагогіка, благодійність, обслуговування).

Матеріалознавчі – створення продуктів з новими і корисними властивостями.

Організаційні – вдосконалення системи менеджменту.

Маркетингові – реалізація нових або значно поліпшених маркетингових методів, що охоплюють істотні зміни в дизайні та упаковці продуктів, використання нових методів продажів і презентації продуктів (послуг), їх представлення і просування на ринки збуту, формування нових цінових стратегій.

При вивченні курсу «Інноваційні технології у виробництві хімічних речовин та матеріалів» застосовуються терміни, які вживаються в такому значенні:

– **інновації** – новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери; введені в обіг новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені інноваційні продукти, інноваційна продукція, технології, продукція або послуги, результати наукових досліджень і розробок, а також організаційно-

технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного, маркетингового або іншого характеру, що поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери та сприяють просуванню технологій, продукції та послуг на ринок;

– **інноваційна діяльність** – діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг;

– **інноваційний продукт** – результат науково-дослідної і (або) дослідно-конструкторської розробки, що відповідає вимогам, встановленим цим законом про інноваційну діяльність, результат реалізації інноваційного проекту, виконання науково-дослідної і (або) дослідно-конструкторської роботи з розроблення нової технології (в тому числі інформаційної) чи продукції з виготовленням експериментального зразка чи дослідної партії, що відповідає вимогам до інноваційної діяльності;

– **інноваційна продукція** – нові конкурентоздатні (конкурентоспроможні) товари чи послуги, що відповідають вимогам до інноваційної діяльності;

– **інноваційний проект** – комплект документів, що визначає процедуру і комплекс усіх необхідних заходів (у тому числі інвестиційних) щодо створення і реалізації інноваційного продукту і (або) інноваційної продукції;

– **пріоритетний інноваційний проект** – інноваційний проект, що реалізується в рамках пріоритетних напрямів інноваційної діяльності, комплекс організаційно-правових, управлінських, аналітичних, фінансових та інженерно-технічних заходів, які здійснюються суб'єктами інноваційної діяльності з метою створення, поширення, комерціалізації інновацій та оформлені у вигляді планово-розрахункових документів, необхідних та достатніх для обґрунтування, організації та управління реалізацією проекту; інноваційний проект, що пройшов державну реєстрацію та реалізується в рамках середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності.

– **інноваційне підприємство** (інноваційний центр, технопарк, технополіс, інноваційний бізнес-інкубатор тощо) – підприємство (об'єднання підприємств), що розробляє, виробляє і реалізує інноваційні продукти і (або) продукцію чи послуги, обсяг яких у грошовому вимірі перевищує 70 відсотків його загального обсягу продукції і (або) послуг;

– **інноваційна інфраструктура** – сукупність підприємств, організацій, установ, їх об'єднань, асоціацій будь-якої форми власності, що надають послуги із забезпечення інноваційної діяльності (фінансові, консалтингові, маркетингові, інформаційно-комунікативні, юридичні, освітні тощо);

– **інноваційна культура** – складова інноваційного потенціалу, що характеризує рівень освітньої, загальнокультурної і соціально-психологічної підготовки особистості та суспільства в цілому до сприйняття і творчого втілення в життя ідеї розвитку економіки країни на інноваційних засадах;

– інноваційний потенціал – сукупність науково-технологічних, фінансово-економічних, виробничих, соціальних та культурно-освітніх можливостей країни (галузі, регіону, підприємства), необхідних для забезпечення інноваційного розвитку економіки;

– **інноваційна програма** – комплекс взаємопов’язаних завдань, заходів та проектів (інноваційних та інвестиційних), що узгоджені у частині строків виконання, складу виконавців, ресурсного забезпечення, переліку очікуваних результатів та джерел фінансування і виконання яких забезпечує ефективне створення, поширення, комерціалізацію інновацій;

– **комерціалізація інновацій** – процес реалізації інновацій на ринку шляхом використання у власному виробництві (впровадження, внесення до статутного (складеного) капіталу), спільного використання (кооперація, створення об’єднань підприємств, спільних підприємств та/або венчурного бізнесу), продажу та/або передачі прав на використання на основі відповідного договору з метою досягнення конкурентних переваг на ринку та отримання комерційного ефекту;

– **національна інноваційна система** – сукупність законодавчих, структурних і функціональних компонентів, що задіяні у процесі створення і застосування нових знань та технологій і визначають правові, економічні, організаційні та соціальні умови для забезпечення інноваційного процесу. Національна інноваційна система складається з таких підсистем: державне регулювання, освіта, генерація знань, інноваційна інфраструктура та виробництво.

Об’єктами інноваційної діяльності є інноваційні програми і проекти; нові знання, об’єкти права інтелектуальної власності; виробниче обладнання та процеси; інфраструктура виробництва і підприємництва; організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного, маркетингового або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру і якість виробництва і (або) соціальної сфери; сировинні ресурси, засоби їх видобування і переробки; продукція; механізми формування споживчого ринку і збуту товарної продукції.

Суб’єктами інноваційної діяльності можуть бути громадяни України, особи без громадянства, іноземці, юридичні особи (резиденти і нерезиденти) та інноваційні структури, які сприяють провадженню і (або) провадять в Україні інноваційну діяльність, і (або) залучають майнові та немайнові цінності,

вкладають власні чи запозичені кошти в реалізацію в Україні інноваційних проектів.

Інноваційними структурами є об'єднання фізичних та/або юридичних осіб, які сприяють провадженню і (або) провадять в Україні інноваційну діяльність, і (або) залучають майнові та немайнові цінності,кладають власні чи запозичені кошти в реалізацію в Україні інноваційних проектів.

Інноваційні структури можуть функціонувати як технологічні парки, наукові парки, індустріальні (промислові) парки, інноваційні кластери, інноваційні центри, інноваційні бізнес-інкубатори, технополіси, інноваційні та науково-інформаційні мережі, технологічні платформи тощо.

Метою реалізації державної інноваційної політики є створення соціально-економічних, організаційних і правових умов для використання, розвитку і розширеного відтворення науково-технологічного та інноваційного потенціалу країни шляхом забезпечення впровадження і розвитку сучасних інноваційних екологічно чистих, безпечних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій, виробництва та реалізації нових видів конкурентоспроможної продукції, створення нових ринків інноваційної продукції та/або послуг. Регулювання у сфері інноваційної діяльності здійснюється шляхом визначення і підтримки пріоритетних напрямів інноваційної діяльності; розроблення, затвердження та виконання державних, регіональних і місцевих цільових програм розвитку інноваційної діяльності; удосконалення нормативно-правової бази та економічних механізмів для підтримки і стимулювання інноваційної діяльності; надання державної підтримки для реалізації пріоритетних інноваційних проектів; формування та забезпечення реалізації сприятливої державної кредитної, цінової, податкової і митної політики у сфері інноваційної діяльності; державного замовлення на інноваційні продукти та продукцію; розвитку державно-приватного партнерства у сфері інноваційної діяльності; надання державної підтримки для функціонування і розвитку інноваційної інфраструктури. Інноваційним проектом передбачаються розробка, виробництво і реалізація інноваційного продукту і (або) інноваційної продукції. Інноваційними проектами можуть бути проекти технологічних парків відповідно до законодавства України.

Стратегічними пріоритетними напрямками на 2011'2021 роки є:

1) освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії;

2) освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки;

- 3) освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій;
- 4) технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу;
- 5) впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики;
- 6) широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища;
- 7) розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки.

2 Інноваційні технології у виробництві лаків з низьким вмістом ЛОС

До екологічно чистих лакофарбових матеріалів відносять три групи матеріалів.

Перша група – це матеріали з низьким вмістом летких органічних сполук для зменшення емісії шкідливих для здоров'я людей і навколишнього середовища токсичних органічних розчинників: уайт-спірита, сольвента, ксилола, толуола, бутилацетата, етілцеллозольва, бутанола, ізопропілового спирту та ін.

До другої групи відносять порошкові фарби, які складаються з пігментів, наповнювачів, пластифікаторів і порошоків полімерів з низькою молекулярною вагою.

Третю групу матеріалів складають водно-дисперсійні лакофарбові матеріали, як розчинник у яких використовується вода. Ринок водно-дисперсійних лакофарбових матеріалів в Україні розвивається дуже високими темпами, близько 60 % асортименту лакофарбових матеріалів – водно дисперсійні матеріали.

Перспективним шляхом розвитку лакофарбової промисловості з подальшим збільшенням виробництва і споживання ЛФМ необхідний перехід у секторі органорозчинних лакофарбових матеріалів на виробництво матеріалів з низьким вмістом летких органічних сполук. Цей шлях розвитку передбачає обов'язкове виконання вимог технічного регламенту «Про обмеження викидів летких органічних сполук внаслідок використання органічних розчинників у деяких фарбах та лаках та засобах для очищення транспортних засобів», що набув чинності в Україні. Європейська директива 2004/42/ЕС використовувалася як основа для розробки цього українського законодавчого документу. Мета цього обмеження полягає у зменшенні забруднення повітря, що спричиняється впливом ЛОС на формування тропосферного озону.

Технічним регламентом передбачена можливість для органорозчинних матеріалів вмісту ЛОС до 2024 р. – 400 г/л, а після 2024 р. – 300 г/л.

Зменшення кількості ЛОС у лакофарбових матеріалах можливе внаслідок використання органорозчинних лаків з низьким вмістом ЛОС та ретельним вибором компонентів до складу пігментованих лакофарбових матеріалів для зменшення щільності лакофарбового матеріалу.

Терміни, що застосовуються в Технічному регламенті:

1. Зміст ЛОС – маса летючих органічних сполук в одиниці об'єму, виражена в грамах на літр, г/л, в рецептурі матеріалу в його готовому до використання стані. Частку летких органічних сполук в певному матеріалі, яка залишається в складі покриття при його формуванні в результаті хімічної реакції, не можна вважати частиною змісту ЛОС.

2. Водно-дисперсійні лакофарбові матеріали (тип «WB») – матеріали, в'язкість яких регулюється додаванням води.

3. Органорозчинні лакофарбові матеріали (тип «SB») – матеріали, в'язкість яких регулюється додаванням органічного розчинника.

4. Лакофарбовий матеріал – будь-яка суміш, в тому числі всі органічні розчинники або суміш, яка містить органічні розчинники, необхідні для її належного застосування, використовується для отримання покриття з декоративними, захисними або іншими спеціальними властивостями.

5. Леткі органічні сполуки (ЛОС) – будь-яка органічна сполука, яка має початкову температуру кипіння, меншу ніж /або дорівнює 250 °С, що вимірюється при нормальному тиску 101,3 кПа (кПа).

У регламенті всі лакофарбові матеріали поділені на групи в залежності від сфери застосування і для кожної групи наведені значення вмісту ЛОС до 2021 та 2024 років. Так, наприклад, лакофарбові матеріали для матових покриттів стель та стін інтер'єрів з блиском <25 під кутом вимірювання 60° групи «WB» на першій стадії до 01.01.2021 року можуть містити ЛОС до 75 г/л, а з 01.01.2024 року – лише 30 г/л. Такі ж матеріали групи «SB» на першій стадії введення регламенту до 01.01.2021 року можуть характеризуватися вмістом ЛОС до 400 г/л, а на другій стадії – з 01.01.2024 року – лише 30 г/л.

Вміст ЛОС для матеріалів групи «SB» визначають за формулою (1):

$$\text{VOC} = 10 \cdot \rho_e \cdot (100 - \text{NV}_m), \quad (1)$$

де VOC – вміст легколетких речовин, г/л;

ρ_e – щільність матеріалу, кг/м³;

NV_m – сухий залишок, %.

Щільність багатокomпонентного лакофарбового матеріалу розраховують за формулою (2):

$$\rho_e = \frac{\sum_i^n m_i}{\sum_i^n m_i / \rho_i}, \quad (2)$$

де m_i – вага компонента, кг;

ρ_i – щільність компонента, кг/м³;

Для водно-дисперсійних лакофарбових матеріалів групи «WB», основним летким компонентом яких є вода, вміст ЛОС буде залежати від рецептурної кількості компонентів, які містять органічні леткі сполуки (переважно коалесценти). Якщо попередньо визначити цей вміст у вагових відсотках w (VOC),%, розрахункове рівняння набуває вигляду (3):

$$\text{VOC} = 10 \cdot \rho_e \cdot w(\text{VOC}), \quad (3)$$

Аналіз рівнянь (1) – (3) дозволяє зробити наступні висновки:

1. Підвищення вмісту нелетких речовин NV_m для матеріалів «SB» створює можливість зменшення вмісту ЛОС. Цей шлях відомий протягом багатьох років в лакофарбовій галузі як напрям дослідження умов створення матеріалів з високим вмістом нелетких речовин. Відомо, що до таких матеріалів відносяться лаки і емалі з С.О. = 60-80%.
2. Для матеріалів «WB» перспективним напрямком є створення спеціальних дисперсій без коалесцентів в складі водно-дисперсійних ЛФМ, що призводить до зменшення параметра w (VOC) і VOC.
3. Другий параметр в рівняннях (1) і (3) – щільність ρ .

Раніше було показано [Ткаченко Є.А., Брязкун З.Г., Нескороджена Г.Д., Крамаренко В.Ю. Розрахункові підходи до визначення вмісту ЛОС у лакофарбових матеріалах. Матеріали III Міжнародної конференції “Young coatings & composites”, 23-25 жовтня 2017, Дніпро, с. 23-27.], що зменшення щільності сировинних компонентів найістотніше проявляється при використанні скляних мікросфер у складі пігментної частини емалі. Мікросфери, як відомо, з’явилися на ринку сировини для лакофарбових матеріалів саме для створення матеріалів з низьким вмістом ЛОС.

Аналіз рецептур матеріалів з наповнювачами, що характеризуються різною щільністю: барит – 4.5 г/см³, кальцій карбонат – 2.7 г/см³, аеросил – 2.0 г/см³ і пігментом – діоксидом титану із щільністю 4.2 г/см³ свідчить про зменшення щільності лакофарбового матеріалу з 411.79 г/см³ до 378.32 г/см³ при заміні на 5% діоксиду титану на більш легкий аеросил. Зменшення щільності лакофарбового матеріалу відповідно до формули (1) обумовлює зменшення вмісту ЛОС у лакофарбовому матеріалі з 415,83 г/л до 378,32 г/л відповідно.

Для водно-дисперсійних матеріалів, а саме матеріалів групи «WB» розрахунковими методами доведено, що заміна 3 % диоксиду титану із щільністю 4.2 г/см³ на скляні мікросфери із щільністю 0.125 г/см³ призводить до зменшення щільності матеріалу з 1.233 г/см³ до 0.933 г/см³ та зменшення вмісту ЛОС з 37 г/л до 28 г/л.

Інший шлях для одержання матеріалів з низьким вмістом ЛОС – використання лаків з низьким вмістом ЛОС. Для вирішення проблеми отримання ЛФМ, що відповідають вимогам ТР, необхідно проводити синтез або використовувати лаки чи смоли з низьким вмістом ЛОС. Збільшити вміст нелетких речовин в лаках, які промислово виробляють на вітчизняних підприємствах. Для зменшення вмісту ЛОС в емалі без зміни компонентів і їх щільності, можна збільшити вміст нелетких речовин в лаках. Теоретичні розрахунки дозволили отримати рецептури емалей з різним вмістом ЛОС при зміні С.О. лаків від 53% до 100%. Виявлено, що збільшення вмісту нелетких речовин у лаках з 53 % до 56 % дозволяє одержати емалі з вмістом ЛОС 415.5 г/л та 395.33 г/л відповідно. Для одержання ЛФМ, що відповідають вимогам технічного регламенту на другому етапі його дії з 2024 року необхідні лаки із вмістом нелетких речовин 70 %.

Теоретичний аналіз формули (1) можна провести, якщо розглянути ситуацію з додаванням до лакофарбового матеріалу розчинника x_i або зменшення кількості розчинника у пігментованому матеріалі на величину x_i .

У разі додавання розчинника вміст ЛОС необхідно розраховувати за формулою (4):

$$ЛОС = 1000 \cdot \left(\frac{100 + x_i - NV_{m0}}{100 / \rho_{c0} + x_i / \rho_s} \right) \quad (4)$$

Перша похідна виразу (4), коли значення ЛОС збільшується із ростом x_i може бути представлена формулою (5):

$$\frac{\rho_s}{\rho_{c0}} + \frac{NV_{m0}}{100} - 1 > 0, \quad (5)$$

Перша похідна виразу (4), коли значення ЛОС не залежить від x_i відповідає виразу (6):

$$\frac{\rho_s}{\rho_{c0}} + \frac{NV_{m0}}{100} - 1 = 0, \quad (6)$$

Перша похідна виразу (4), коли значення ЛОС зменшується із ростом x_i представлена формулою (7):

$$\frac{\rho_s}{\rho_{c0}} + \frac{NV_{m0}}{100} - 1 < 0, \quad (7)$$

Теоретичні розрахунки дозволяють визначити необхідне значення щільності лакофарбового матеріалу за формулою (8):

$$\rho_{c0} = \frac{\rho_s}{1 - \frac{NV_{m0}}{100}} \quad (8)$$

У випадку зменшення кількості розчинника на величину x_i значення ЛОС можна розрахувати за формулою (9)

$$ЛОС = 1000 \cdot \left(\frac{100 - x_i - NV_{m0}}{100 / \rho_{c0} - x_i / \rho_s} \right) \quad (9)$$

Перші похідні для випадків збільшення значення ЛОС при зменшенні x_i , незалежності ЛОС від x_i та зменшення ЛОС зі збільшенням x_i можна розрахувати за формулами (10), (11), (12) відповідно:

$$1 - \frac{\rho_s}{\rho_{c0}} - \frac{NV_{m0}}{100} > 0, \quad (10)$$

$$1 - \frac{\rho_s}{\rho_{c0}} - \frac{NV_{m0}}{100} = 0, \quad (11)$$

$$1 - \frac{\rho_s}{\rho_{c0}} - \frac{NV_{m0}}{100} < 0, \quad (12)$$

На рисунку 1 представлена залежність значень ЛОС від зменшення x_i для матеріалів з $\rho = 1.17; 1.18; 1.20; 1.22; 1.23$

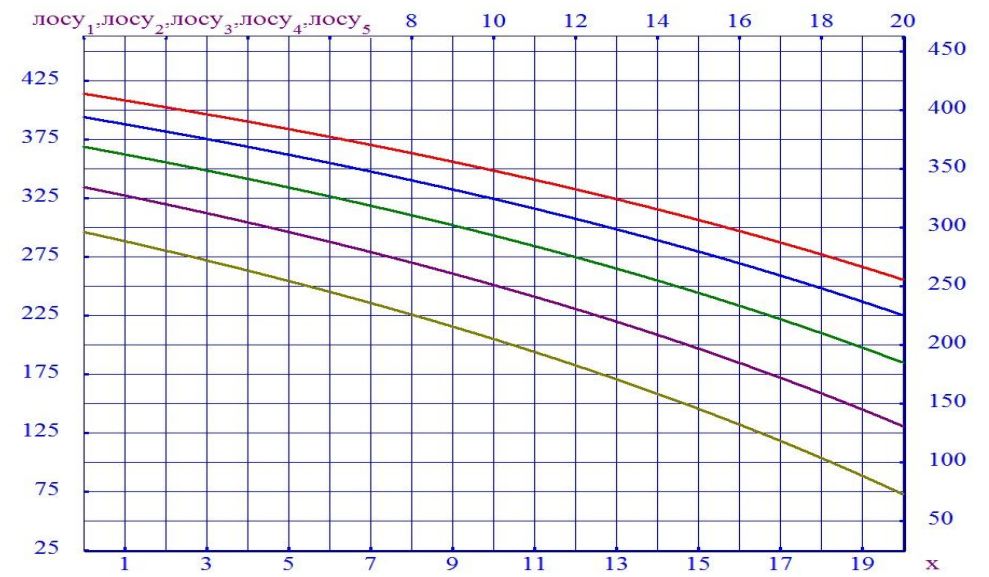


Рисунок 1 – Залежність вмісту ЛОС від зменшення кількості розчинника x_i для $\rho = 1.17; 1.18; 1.20; 1.22; 1.23$

На рисунку 2 представлена залежність значень ЛОС від зменшення x_i для матеріалів з $\rho = 1.25; 1.27; 1.29; 1.31; 1.33$;

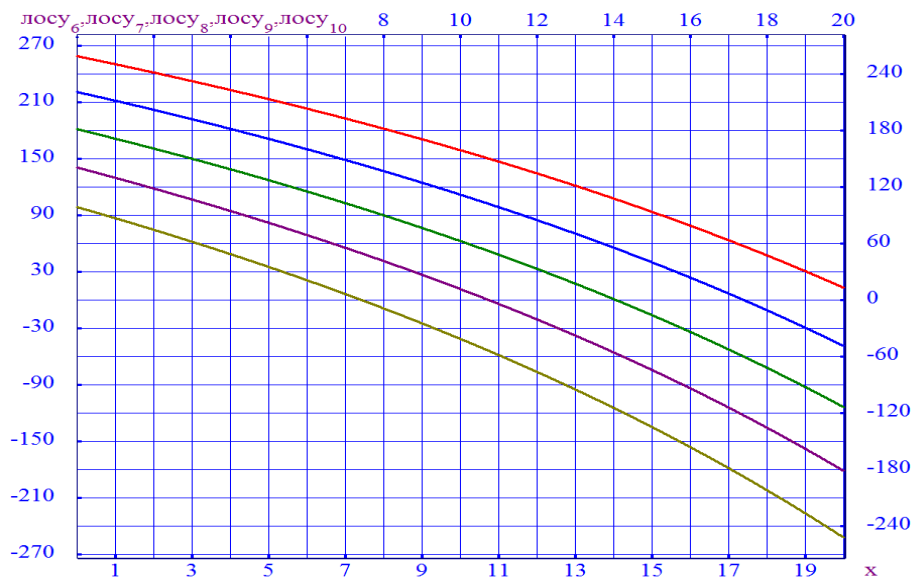


Рисунок 2 – Залежність значень ЛОС від зменшення кількості розчинника x_i для $\rho=1.25; 1.27; 1.29; 1.31; 1.33$

На рисунку 3 представлена залежність значень ЛОС від збільшення x_i для матеріалів з $\rho = 1.17; 1.18; 1.20; 1.22; 1.23$;

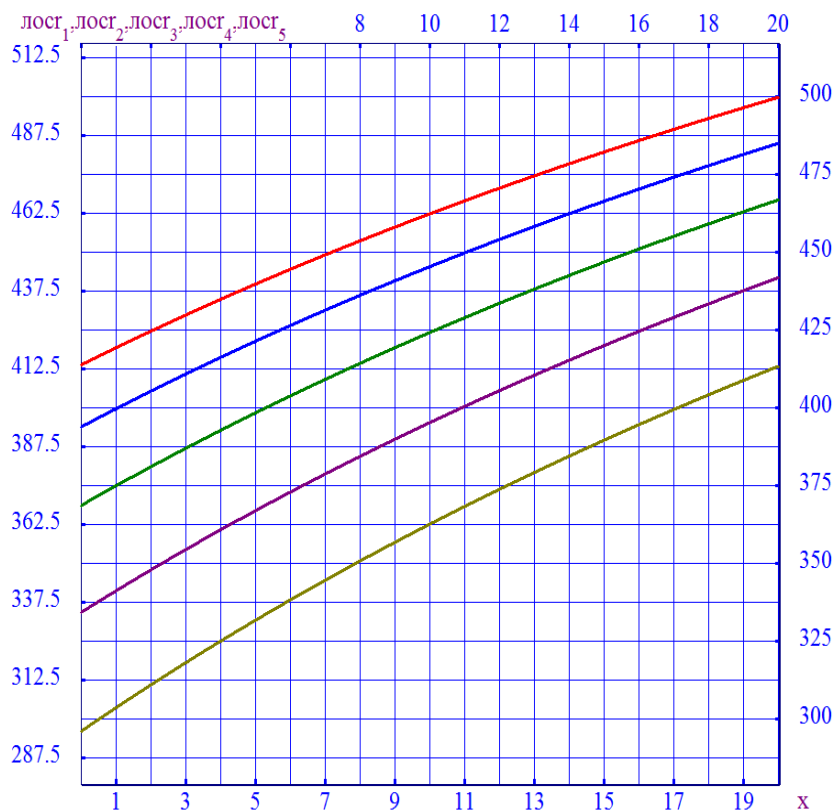


Рисунок 3 – Залежність значень ЛОС від збільшення кількості розчинника x_i для $\rho=1.17; 1.18; 1.20; 1.22; 1.23$

На рисунку 4 представлена залежність значень ЛОС від збільшення кількості розчинника x_i для $\rho = 1.25; 1.27; 1.29; 1.31; 1.33$;

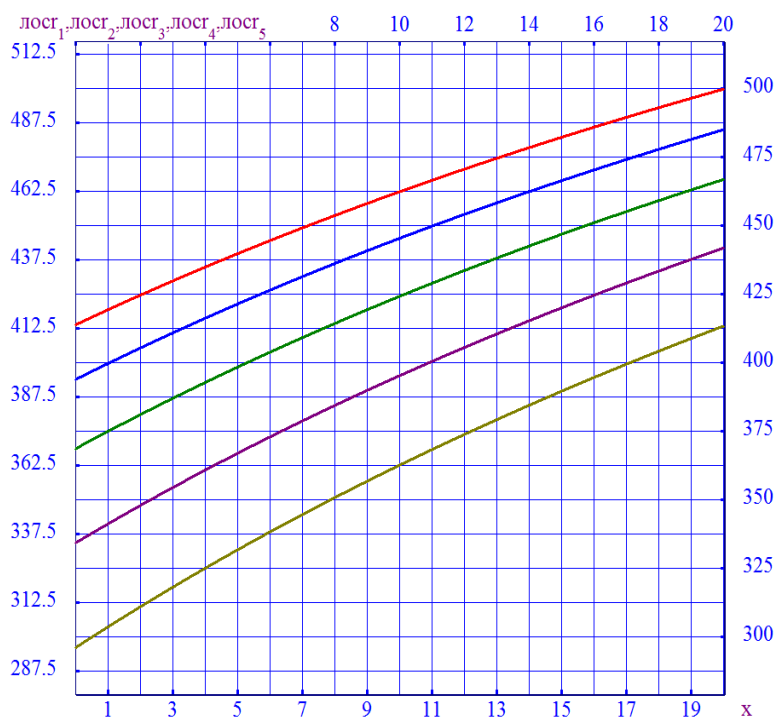


Рисунок 4 – Залежність значень ЛОС від збільшення кількості розчинника x ; для $\rho = 1.25; 1.27; 1.29; 1.31; 1.33$

На рисунку 5 представлена залежність значень щільності емалей від збільшення вмісту нелетких речовин для ЛОС = 300г/л, 350г/л, 400г/л

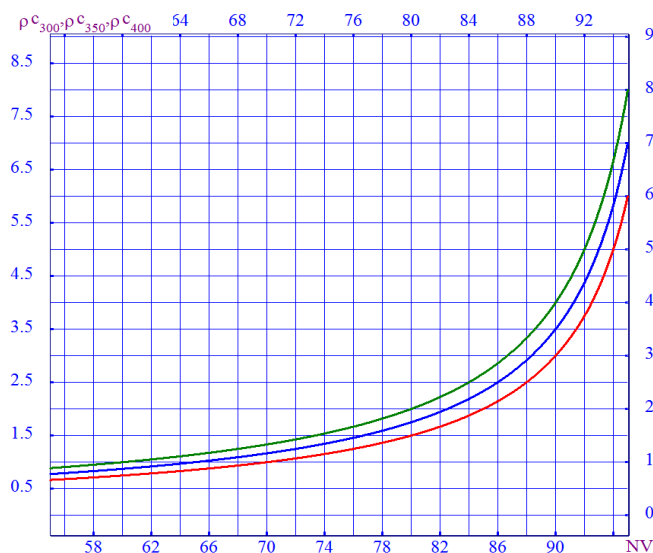


Рисунок 5 – Залежність значень щільності емалей від збільшення вмісту нелетких речовин для ЛОС = 300г/л, 350г/л, 400г/л

Слід зазначити, що для отримання олігомерів для лаків з високим вмістом нелетких речовин і низькою в'язкістю необхідно при синтезі вживати заходи

для одержання олігомерів з низькою молекулярною вагою (зазвичай 800–1500 г / моль), забезпечити вузький молекулярно-масовий розподіл для олігомерів, використовувати високоефективні для зниження в'язкості розчинники, реакційноздатні розчинники, флексибілізатори (твердники, пластифікатори, розчинники), наносити матеріал на поверхню в нагрітому стані.

3 Інноваційні технології у виробництві пігментів

Специфіка пігментних виробництв полягає в тому, що для одержання якісного пігменту недостатньо одержати матеріал певного хімічного складу. Пігмент характеризується особливою будовою кристалів з відтворюваним ступенем дефектності, заданою формою часток і дисперсним складом, а також індивідуальною структурою і характером поверхні пігментних часток. Умовно можна виділити три основних способи одержання пігментів.

Перший спосіб полягає у осадженні пігментів з водяних розчинів. Для формування нерозчинного продукту застосовуються обмінні й окиснювально-відновні реакції, реакції гідролізу й комплексоутворення.

Другий спосіб одержання пігментів – прокалочний спосіб. Застосовують різні реакції у твердій фазі або на границі розподілу фаз «тверде тіло – газ». Проводять одержання пігментів конденсацією з газової фази після окиснювання або гідролізу.

Третій спосіб виробництва пігментів – осадочно-прокалочний спосіб. Для цього методу застосовують реакції в розчинах і у твердій фазі. Часто при осадженні утворюються пігменти тільки необхідного хімічного складу, тому одержують кристали із заданою структурою шляхом прокалювання напівпродукту. У деяких випадках при прокалюванні формується і склад, і структура кристалів, наприклад при виробництві діоксиду титану.

Порівняльна характеристика методів синтезу пігментів свідчить про наявність переваг та недоліків у кожному з способів синтезу пігментів.

Спосіб осадження характеризується відносно низькою енергоємністю, але великими обсягами хімічно забруднених стічних вод.

Прокалочний спосіб має високу енергоємність, але дає меншу кількість стоків.

Осадочно-прокалочний спосіб синтезу пігментів має недоліки попередніх способів, але в деяких випадках виявляється єдиноможливим. Апаратурне оформлення цього способу найбільш складне. Іноді як окремий спосіб виділяють термічні методи, що примикають до прокалочного. Багато пігментів одержують шляхом окиснювання в рідкій (залізна лазур, жовтий

залізооксидний пігмент) або паровій (цинкові білила) фазах. Залежно від характеру реакційного середовища (водяний розчин або газова фаза) ці методи включаються в прокалочний спосіб або спосіб осадження.

У всіх методах одержання пігментів є деякі загальні риси, зокрема фазові переходи. Істотну роль у будь-якому методі відіграють процеси кристалізації. Незважаючи на значні розходження в кінетиці процесів, основні закономірності спостерігаються як при кристалізації з розчинів так і при кристалізації з розплаву або з газової фази.

Необхідна умова осадження – перевищення концентрацій реагуючих іонів добутку розчинності продукту реакції, коли починається процес утворення в розчині (розплаві) агрегатів молекул продукту (агрегація). Агрегати є зародками нової фази. Молекули в їхньому складі розташовані хаотично, що термодинамічно невигідно. У силу цього відбувається мимовільна орієнтація молекул і з'являється далекий порядок у їхньому розміщенні, що перетворює первинний агрегат у кристал.

Форма часток продукту й ступінь його кристалічності залежать від співвідношення швидкостей процесів агрегації й орієнтації. Швидкість агрегації залежить, в основному, від пересичення, що визначається як відношення перевищення розчинності речовини до її розчинності за формулою (13):

$$\text{Пересиченість} = (C - C_s) / C_s, \quad (13)$$

де C – концентрація речовини; C_s – розчинність. Частіше застосовують величину ступеня пересичення, яку визначають за формулою (14):

$$Q = C / C_s, \text{ так що } Q - 1 = (C - C_s) / C_s \quad (14)$$

Розмір кристалів, що утворюється, пропорційний пересиченню й в'язкості розчину та розраховується за формулою (15):

$$R = k \eta \mu (Q - 1) \quad (15)$$

де R – розмір кристалів; k – константа; η – в'язкість розчину.

Термодинамічний аналіз кристалізації приводить до рівняння (16) (для кристалів кубічної форми):

$$R_k = (4 \sigma M) / \rho (\mu_2 - \mu_1) \quad (16)$$

де R_k – критичний розмір кристалів, σ – поверхневий натяг на межі розподілу фаз; M – молярна вага речовини, що кристалізується, μ_2, μ_1 – хімічні потенціали речовин у розчині й твердій фазі, ρ – щільність твердої фази.

Якщо $R > R_k$, перебігає процес росту кристалів, якщо $R < R_k$, кристали розчиняються. При підставленні значень хімічних потенціалів для насиченого й даного розчину з використанням відомого співвідношення $\mu = \mu_0 + RT \cdot \ln a$, де μ_0 – стандартний хімічний потенціал; R – газова постійна; T – температура, a – активність речовини, одержуємо рівняння (16-18):

$$\mu_R - \mu_0 = -RT \cdot \ln a \quad (16)$$

$$\mu_S - \mu_0 = -RT \cdot \ln a \quad (17)$$

$$\mu_2 - \mu_1 = \mu_R - \mu_S = RT \cdot \ln(a_R/a_S) \quad (18)$$

Знаходимо критичний розмір кристалів за рівнянням (19)

$$R_k = (4 \sigma M) / \rho RT \cdot \ln(a_R/a_S) \quad (19)$$

де індекси R і S відповідають даному та насиченому розчинам.

За допомогою отриманого рівняння можна інтерпретувати деякі спостережувані на практиці особливості кристалізації:

1. Відомо, що при визріванні осадів пігментів відбувається зменшення їхньої полідисперсності. Ймовірно, що при цьому кристали з $R < R_k$ розчиняються, за рахунок чого збільшується пересичення й відбувається ріст кристалів із $R > R_k$.

2. Наявність кінцевого значення R_k пояснює нерідко спостережувану стабільність пересичених розчинів і ефективність застосування зародків, що грають роль центрів кристалізації. Зародками кристалізації можуть бути частки сторонньої речовини й неоднорідності стінок реактора.

3. У зворотній залежності розмірів кристалів від температури знаходить обґрунтування емпіричне правило, про підвищення дисперсності осаду зі збільшенням температури.

4. Рівняння (19) встановлює прямий зв'язок між розмірами кристалів і поверхневим натягом. Дійсно, якщо при осадженні можливе утворення аморфної форми речовини з низьким значенням σ , то осад виходить надзвичайно дрібнодисперсним (синтез жовтого залізооксидного пігменту, осадження метатитанової кислоти). Для попередження утворення аморфних осадів процес осадження ведуть у присутності заздалегідь одержаних зародків.

При синтезі пігментів за допомогою способу осадження можна регулювати форму й розмір часток шляхом зміни концентрацій і порядку змішування розчинів вихідних речовин, зміни температури, а також введенням зародків і ПАР. Механізм дії ПАР при кристалізації полягає у їхній адсорбції на поверхні кристалів, що зменшує швидкість росту останніх. При незмінній швидкості агрегації це веде до збільшення дисперсності осаду. В окремих випадках добавка ПАР, особливо іоногенних, навпаки, веде до укрупнення кристалів. Це пояснюється утворенням на поверхні кристалів хемосорбційних шарів ПАР, що зменшують розчинність кристалів і, внаслідок цього, ступеня пересиченості розчину. Тому для регулювання розміру часток пігментів при синтезі переважно використовують ПАР, що не здатні до хемосорбції, переважно неіоногенні. Концентрація ПАР повинна бути трохи вищою за критичну концентрацію мицелуутворення. Добавка ПАР при синтезі дозволяє не тільки регулювати дисперсність пігменту, але й істотно полегшувати наступні операції

фільтрації й сушки пігментів за рахунок зменшення гідрофільності їхньої поверхні.

Одним з інноваційних методів одержання пігментів є прогресивне застосування фляшинга при одержанні пігментів. Одна з основних переваг фляшинга – виключення процесу сушки зі стадій технологічного процесу. Крім великої витрати енергії в технології пігментів на стадіях сушки, прокалювання, при сушінні відбувається укрупнення кристалів. Це пов'язане з тим, що вологий осад пігменту принципово не відрізняється по фазовому стану від суспензії пігменту в пересиченому розчині, з тією лише різницею, що обсяг кристалічної фази вище обсягу розчину. При сушінні відбувається подальший ріст кристалів внаслідок різкої переваги процесу росту над агрегацією. Дисперсність пігмента при сушінні зменшується і за рахунок утворення агрегатів кристалів. Якщо пігмент піддається не тільки сушінню, але й прокалюванню, імовірність агрегації збільшується. Більше того, при прокалюванні можливе зрощення кристалів з утворенням міцних полікристалітів. Особливо характерно це для процесу утворення червоного оксиду заліза. Наявність великих агрегатів і зрослих кристалів значно ускладнює наступне здрібнювання пігментів.

Інтенсифікація сушіння шляхом використання апаратів з киплячим і фонтануючим шаром дозволяє зменшити час сушіння, а іноді й температуру сушіння, що у свою чергу зменшує ступінь агрегації й розміри агрегатів, полегшує здрібнювання й диспергування пігментів.

Стадія здрібнювання (розмолу) має особливе значення при виробництві природних пігментів (охри, суріку, мумії, природних наповнювачів). Ці пігменти одержують шляхом розмолу природної сировини, тому при синтезі немає можливості регулювати розміри часток. Багато показників покриттів (захисні і декоративні) поліпшуються при мікронізації пігментів і наповнювачів. У випадку синтетичних пігментів, особливо отриманих осадженням, необхідності в надтонкому здрібнюванні немає. Звичайно синтетичні пігменти містять не більше 0,1–0,5% часток (або їхніх агрегатів) розмірами більше 40 мкм і 98–100% часток розміром не більше 1–2 мкм. Звичайно природні пігменти містять у своєму складі 50–80% часток розмірами менш 10 мкм. Мікронізовані природні пігменти містять 98–100% часток розмірами до 5 мкм. Застосування мікронізованих наповнювачів дозволяє в значній мірі замінити ними більш дорогі пігменти в складі лакофарбових композицій.

Мікронізація природних пігментів і наповнювачів вимагає застосування двоступеневих схем здрібнювання, що полягають у тонкому здрібнюванні на кульовому або роликовому млині, найчастіше в замкнутому циклі із

сепарацією, з наступним надтонким здрібнюванням на струминному млині. При мікронізації застосовують ПАР як для полегшення здрібнювання за рахунок ефекта Ребіндера, що полягає у активній дії ПАР по впровадженню молекул ПАР – диспергаторів між частинками пігментів, так і для модифікації поверхні пігменту. Досить прогресивним методом модифікації поверхні пігменту є механохімічне щеплення полімерних ланцюгів до поверхні пігменту, що може бути проведеним в ході мікроздрібнювання.

Для підвищення продуктивності млинів обов'язкова сепарація продуктів розмолу з поверненням на повторний розмол грубодисперсної фракції. Сепарацію часток здійснюють у різних повітряних і гідравлічних сепараторах, як правило, циклонного типу.

Пігменти мають ряд випускних форм: водні пасту, компактні шматки, порошкоподібні, X-fast. Порошкоподібні пігменти бувають звичайні й мікронізовані. Для виключення пилоутворення при використанні токсичних пігментів їх виготовляють у вигляді водної пасту. Пігменти, що відносно легко диспергуються, виготовляють у вигляді компактної пасту (шматків). Перспективними та інноваційними методами синтезу пігментів є їх виготовлення у вигляді водних паст, використання фляшинг-процесів, як основи одержання X-fast – пігментів, а також мікронізованих пігментів.

У виробництвах неорганічних пігментів широко використовують з'єднання важких металів з високою токсичністю. Крім того, пил більшості пігментів здатна викликати легеневі захворювання типу пневмоконіозів. Тому необхідно здійснювати повну герметизацію трубопроводів і апаратів у виробництві пігментів. Всі місця роботи людей, де можливе виділення токсичних газів, пар і аерозолів, повинні бути постачені місцевою вентиляцією. Приточна й витяжна вентиляція повинні забезпечувати достатню кратність повітрообміну у виробничих приміщеннях для того, щоб концентрація отруйних пар, газів і аерозолів не перевищувала припустимих норм.

Крім загальних заходів щодо створення безпечних умов праці, велике значення має розробка нових технологічних прийомів, що усувають можливе виникнення шкідливих для людини впливів. Наприклад, при виробництві кронів як сировину застосовують біхромати натрію й калію. При завантаженні їх у бак для готування розчину можливе утворення пилу, що викликає отруєння організму й руйнує хрящі вуха та носа. Для попередження профзахворювань застосовують вимивання біхроматів з тари (барабанів) струменем води, що дозволяє виключити пилоутворення й оздоровлює умови праці робітників. Наприклад, пил свинцевих кронів при влученні в шлунок викликає отруєння. Способи боротьби із цим видом отруєння наступні: поліпшення вентиляції в цехах по застосуванню пігментів, установка місцевих зондів, удосконалювання

спецодягу, засобів захисту органів дихання й шкіри, перехід на виробництво кронів у вигляді водних паст для фляшингу, що виключає утворення токсичного пилу в місцях застосування пігментів.

При проектуванні нових і експлуатації існуючих підприємств повинні враховуватися питання охорони праці й навколишнього середовища. Всі підприємства необхідно постачити очисними спорудами.

4 Питання для самоконтролю

1. Методи розрахунку кількості легколетких органічних сполук у матеріалах групи «SB».

2. Методи розрахунку кількості легколетких органічних сполук у матеріалах групи «WB».

3. Чи існує відповідність між вмістом ЛОС та сухим залишком лакофарбових матеріалів?

4. Назвати одиниці вимірювання вмісту ЛОС у лакофарбових матеріалах.

5. Яким чином Технічний регламент щодо вмісту ЛОС у лакофарбових матеріалах дозволяє вирішувати екологічні проблеми галузі.

6. Які шляхи зменшення вмісту ЛОС у лакофарбових матеріалах існують для групи «SB»?

7. Які шляхи зменшення вмісту ЛОС у лакофарбових матеріалах існують для групи «WB»?

8. Які інноваційні технології у сфері виробництва пігментів актуальні для сучасного етапу розвитку галузі?

9. Розкрити сутність інноваційних технологій створення нових випускних форм пігментів.

10. Які інноваційні технології пігментованих матеріалів є ресурсозберігаючими?

11. Які інноваційні технології пігментованих матеріалів є енергозберігаючими?

5 Інноваційні технології виробництва нанокomпозиційних матеріалів

До наноматеріалів належать:

- об'ємні наноструктуровані матеріали;
- нанокластери, наночастинки, нанопорошки;
- багат шарові наноплівки, багат шарові наноструктури, багат шарові нанопокриття;
- функціональні («розумні») наноматеріали;

- нанопористі матеріали;
- фулерени та їх похідні нанотрубки;
- біологічні і біосумісні матеріали;
- наноструктуровані рідини: колоїди, гелі, суспензії, полімерні композити;
- нанокомпозити.

В основу створення нанокомпозитів покладено поєднання в одному матеріалі кращих властивостей складових його компонентів, спрямованих на поліпшення його фізико-механічних, хімічних, магнітних, високотемпературних властивостей, на стабілізацію наноструктури при отриманні нанокомпозиту, а також процесі його експлуатації. Цілі створення композитів: поліпшення експлуатаційних властивостей: міцності, пластичності, фрикційних властивостей (високий коефіцієнт тертя), термостійкості, зниження горючості, посилення біологічної активності або біосумісності; теплопровідності, надання та покращення магнітних, електричних, оптичних властивостей та ін., поліпшення технологічних властивостей, здешевлення матеріалу.

Композиційні матеріали класифікують за :

Типом матриці (дисперсійного середовища)

- органічна – полімерні матриці,
- неорганічні – кераміка, метал.

За хімічною природою зв'язуючого:

терморезистивні та термопластичні.

За типом (природою) посилюючих елементів (дисперсних часток, волокон), скляні, вуглецеві, органічні, базальтові, борні и др.

За формою посилюючих (армуючих) елементів:

волокна, нитки, жгути, тканини, плівки, ленти;

За структурою композитів:

- волокнисті,
- шаруваті,
- дисперснопоширені, посилені частками
- нанокомпозити.

За орієнтацією посилюючих елементів:

- ізотропні,
- анізотропні, наприклад, одноосно орієнтовані

Наноматеріали за кількісною ознакою можуть бути поділені на дві групи.

У першу групу «наноструктуровані матеріали» входять матеріали, у яких усі морфологічні структурні елементи є нанорозмірними. У другій групі – «нанокомпозити», де кількісний вміст наноелементів становить лише деяку частку. У свою чергу, групи поділяються на підгрупи за формою або

структурою одного з наноелементів. Наприклад, перша група містить у собі підгрупи: нанокластерні, наночаруваті матеріали і т. п. Друга група – нанокристалічні композити, нановолокнисті композити та інші.

Нанокристалічний стан відповідає структурі матеріалів з особливими фізико-механічними властивостями. Слід зазначити, що найбільш важливі особливості у характеристиці наносистем викликані не зменшенням розміру частинок, елементів або структур, а у результаті набуття принципово нових якісних властивостей, характерних наномасштабу, або, що переважають у даному масштабі розмірів. У розмірному масштабі наноеlementи перебувають на границі квантового та класичного стану і цей мета-стабільний і структурно-неоднорідний стан визначає унікальний комплекс їх фізико-хімічних і механічних властивостей. Незвичайність наностану проявляється у змінюванні характеристик і властивостей матеріалів та їх структурних елементів, включаючи вплив на макроскопічні параметри наносистем. На нанорівні відбувається формування таких ще недавно невідомих об'єктів, як квантові точки, тонкі плівки з унікальними властивостями, надрешітки, вуглецеві нанотрубки, біологічні наноструктури на основі ДНК та інше. Усе це дозволяє суттєво покращити властивості матеріалів і створити обладнання з можливостями, які раніше були недосяжні при використанні традиційних технологій.

Наноструктурні матеріали внаслідок дуже малого розміру структурних елементів містять велику кількість границь, які відіграють визначальну роль у формуванні їх незвичайних фізичних і механічних властивостей. Структурний стан атомів, що становлять міжзеренні або міжфазні границі, відрізняється від структурного розташування атомів не лише у кристалах, але і в аморфних твердих тілах. Таким чином, нанокристалічний матеріал може бути розділений на дві структурні компоненти: кристалічну, що включає атоми, розташовані усередині кристалітів, і міжкристалітну, утворену з усіх атомів, розташованих на границі. Щільність консолідованих наноструктурних матеріалів, отриманих різними методами, становить від 70 до 97 % теоретичної щільності. Нанокристалічний матеріал, який складається з атомів одного сорту, як було описано у попередньому підрозділі, має зазвичай два компоненти, що різняться за структурою: упорядковані зерна розміром 5 – 20 нм і міжкристалітні границі шириною до 1 нм.

Властивості нанокристалічних матеріалів значною мірою визначаються внеском приповерхневого шару. Цей внесок може бути оцінений у наближенні для сферичної форми зерна, яке має діаметр d і товщину границі розділу δ . При товщині границі розділу δ , яка дорівнює 3 – 4 атомним моношарам (0,5 – 1,5 нм), і середньому розмірі зерна 10 – 20 нм на поверхневий шар припадає до

50 % усієї речовини. У наноматеріалах з розміром зерна від 100 до 10 нм границі розділу складаються з атомів нанокристалічного матеріалу від 10 до 50 %. Сильний розвиток поверхні приводить до активної взаємодії нанокристалів із зовнішнім середовищем. Тому дослідження ізольованих нанокристалів і компактованих наноматеріалів слід проводити у захисному середовищі або відповідно до спеціальної технології проводити окисдування поверхні у контрольованих умовах. Різна орієнтація сусідніх кристалітів приводить до зниження щільності матеріалу в границях розділу. Атоми, що належать границям розділу, мають інше найближче оточення, ніж атоми в кристалітах. Так, рентгено- і нейтронографічними дослідженнями нанокристалічного Pd встановлено, що густина речовини границь розділу на 20–40 % менше густини звичайного Pd, а координаційне число атома, що належить границі розділу, менше координаційного числа атома у звичайному кристалі.

До найважливіших причин прояву особливих властивостей наночастинок і наноструктурних матеріалів можна віднести: у нанооб'єктах кількість приповерхневих або зернограничних атомів можливо порівняти з кількістю атомів, які знаходяться в об'ємі. Властивості атомів на поверхні відрізняються від властивостей атомів усередині об'єму речовини, внаслідок чого (у міру зростання розміру частинок) змінюється найважливіше в даних умовах співвідношення (поверхня/об'єм). Так, при ширині приграничного шару 1 нм і розмірі кристалітів 1000, 100 і 10 нм, частка поверхневих атомів зростає від 0,3 % до 3 % і 30 %, відповідно. Змінювання цього співвідношення приводить до переходу від нормального об'ємного стану до незвичайних геометричних станів з новими властивостями. Крім того, симетрія розташування атомів у приповерхневих шарах може бути змінена в результаті релаксації (змінювання міжплощинних відстаней) і реконструкції поверхні. У результаті поверхневі шари атомів можуть утворювати на поверхні (або в міжкристалітному проміжку) метастабільні псевдофази;

особливості будови приповерхневих (приграничних) областей породжують специфічні умови для зародження нових фаз і фазових переходів, утворення точкових дефектів, дислокаційних петель, двійників та інше; для нанооб'єктів сили зображення лінійного і поверхневого натягу проявляються набагато сильніше, ніж для макрооб'єктів, тому що при віддаленні від поверхні в об'ємі твердого тіла ці сили значно слабшають (сили зображення отримали свою назву за методом розрахунків електричних полів). Дія зазначених сил приводить до очищення об'єму нанооб'єкта від дефектів кристалічної структури. Тому нанооб'єкт має досконалішу кристалічну структуру, ніж макрооб'єкт;

У нанооб'єктах велике значення набувають розмірні ефекти, обумовлені розсіюванням, рекомбінацією і відбиттям на границях об'єктів (йдеться про рух мікрочастинок). За умов зниження розмірності нанооб'єкта ступінь дискретизації енергетичного спектра електронів наростає. Для квантової точки (об'єкта, що складається з декількох атомів, які мають кристалічне огранювання) електрони отримують спектр дозволених енергій, практично аналогічний окремому атому. Тому розмірні ефекти в наноматеріалах можуть мати квантовий характер, коли, наприклад, розмір зерна (або розмір області локалізації вільних носіїв) стає порівняним із довжиною хвилі де Бройля λ_b ($\lambda_b = h/\sqrt{2m^* \cdot E}$), де h – постійна Планка, m^* – ефективна маса електрона, E – енергія носіїв). З урахуванням відомих значень m^* і E квантові розмірні ефекти для металевих наноматеріалів можуть проявлятися у властивостях, пов'язаних, наприклад, із провідністю, лише при розмірі кристалітів менш ~ 1 нм; для напівпровідників (зокрема, вузькозонних сполук типу InSb) і напівметалів (Bi) величина λ_b значно більше (близько 100 нм);

Схильність ансамблів наночастинок і наноструктурних утворень до *самоорганізації й самоскладання*, що обумовлене їх високими рухливістю і міжмолекулярною взаємодією, причому роль останньої неухильно зростає зі зменшенням розмірів.

Механізм появи наноструктурованого елемента. Очевидно, що є два способи його одержання. Зібрати його з більш дрібних складових, наприклад, атомів або молекул. І в цьому випадку стає важливим процес самоорганізації як цілеспрямований процес, при якому створюється, відтворюється або удосконалюється організація складної динамічної системи. Термін «самоорганізована система» був введений англійським кібернетиком У. Р. Ешбі (W. R. Ashby) у 1947 році.

Здрібнити більший монолітний матеріал до нанорозміру.

Таким чином, існують два шляхи формування наноструктур. Перший з них – збирання окремих атомів у більші утворення, одержав назву «знизу-нагору». Цей механізм реалізується у процесах, пов'язаних із зародженням і зростанням нової фази. Теоретично потенційна можливість формування наноелементів «знизу» є у будь-яких матеріалів. Це пов'язано з тим, що вони у процесі різних перетворень проходять стадію утворення і зростання зародків, які являють собою наноелементи. Структурні перетворення мають місце при кристалізації, перекристалізації, рекристалізації, загартуванні, старінні матеріалу, його конденсації з газового середовища і т. п. Ці процеси можуть бути покладені в основу розробки способів технологій одержання наноелементів. Іншою необхідною умовою формування наноструктурованого матеріалу є забезпечення високої швидкості утворення зародків і вповільнення

їх зростання. При виборі ефективної технології можна керуватися тим, що наноеlementи однакового розміру або складені з однакової кількості атомів можуть бути отримані різними способами. Це, наприклад, методи випаровування – конденсації хімічного осадження, окисно-відновні процеси.

Видно, що хоча способи одержання наноструктурних матеріалів «знизу-нагору» досить різноманітні, однак у випадку створення наноструктурованих об'єктів вони засновані на механізмі інтенсивної дисипації енергії, узагальненої в трьох стадіях формування. У першій стадії іде процес зародкотворення, який через відсутність відповідних термодинамічних умов не переходить у повномасштабну кристалізацію. Друга стадія являє собою формування навколо нанокристалічних зародків аморфних кластерів, що поєднуються потім у залишкову мезофазу (третя стадія) з утворенням макроскопічної дисипативної наноструктури.

Використання нових методів і підходів для опису нелінійних процесів, характерних для дисипативних станів наносистем, дозволило зробити важливий крок у напрямі розуміння особливостей властивих наноструктурному стану і можливості керування властивостями «in situ» на першій стадії зародкотворення. Виявилось, що на відміну від лінійних систем, де результатом спільної дії різних факторів є проста суперпозиція результатів кожного з них окремо, у нелінійних системах навіть відносно невеликий зовнішній вплив може спричинити до дуже сильних ефектів. Застосування таких впливів у відкритих наносистемах є основою для здійснення технологічного прориву при створенні матеріалів з унікальними функціональними властивостями.

Інший шлях – руйнування великих частинок і зерен на більш дрібні структурні складові – називається «зверху-донизу». Він має місце при руйнуванні вже існуючої структури на більш дрібні елементи і реалізується у процесах механічного здрібнювання, інтенсивної пластичної деформації, у методі високодозних опромінь тощо.

Здрібненням є зменшення початкового розміру частинок матеріалу шляхом руйнування їх під дією зовнішніх зусиль, що долають внутрішні сили зчеплення.

Механічний вплив на матеріал при здрібнюванні, як правило, здійснюється імпульсно та локально. Інакше кажучи, виникнення поля напружень відбувається у момент зіткнення і у короткий час після нього.

Існує кілька шляхів релаксації поля напружень: виділення тепла, створення нової поверхні, утворення різних дефектів у кристалах. Основний механізм релаксації залежить від властивостей речовини, умов навантаження (підведеної енергії, співвідношення між тиском і зрушенням), а також розмірів і форми частинок. Зі збільшенням потужності та часу впливу відбувається

поступовий перехід від релаксації шляхом виділення тепла до зняття напружень шляхом пластичної деформації, руйнуванням і диспергуванням матеріалу.

Щоб відбулося здрібнювання, на матеріал повинні впливати різні зусилля: роздавлювання, удар, стирання та інше. Якщо напруження в деформованому тілі перевищить деяке граничне значення (границя міцності матеріалу), то відбувається руйнування. Таким чином, у найбільш слабких місцях тіла утворюються дрібні замкнені або поверхневі тріщини. Руйнування, тобто диспергування, відбувається у тому випадку, якщо тріщини настільки збільшуються, що перетинають тверде тіло за всім його перетином.

Формування наноструктур при інтенсивній пластичній деформації носить яскраво виражений стадійний характер. Для першої стадії характерне виникнення комірчастої структури з кутом розорієнтування між комірками $2-3^\circ$. При збільшенні ступеня деформації відбувається утворення клубків і сплетень дислокацій, що поступово заповнюють увесь об'єм вихідних зерен.

На другій стадії спостерігається формування перехідної структури з ознаками як комірчастої, так і наноструктури з більшими розорієнтуваннями. Збільшення ступеня деформації приводить до деякого зменшення середнього розміру комірок і до зростання розорієнтувань на їх границях.

На третій стадії відбувається формування однорідної наноструктури. При цьому структура зерен зазнає сильних пружних викривлень, які викликані дальнодіючими напруженнями, що створені границями зерен.

Таким чином, еволюція структури при інтенсивній пластичній деформації пов'язана, насамперед, із трансформацією дислокаційної комірчастої структури в нанорозмірну з великокутовими межами зерен.

Той же принцип диспергування реалізується при одержанні наноструктур методом високодозного опромінення сплавів високоенергетичними частинками. У результаті радіаційного впливу відбувається формування дислокаційних петель та їх перебудова у дислокаційні субграниці та границі нанокристалів.

6 Інноваційні технології виробництва полімерних композиційних пігментованих матеріалів

Технологія одержання матеріалів з низьким вмістом ЛОС включає наступні стадії:

1. Одержання пігментної пасти
2. Попереднє диспергування пігментної пасти у дисольвері з візуальним контролем однорідності пігментної дисперсії

3. Диспергування пігментної пасти у бісерному млині з контролем ступеня дисперсності за приладом «клин»
4. Складання емалі та постановка емалі «на тип».

Процес диспергування пігментної пасти полягає у змішуванні пігментів і наповнювачів з розчином плівкотвірної речовини і змочування поверхні пігментних частинок, що супроводжується зміною поверхні розділу фаз тверде – газ на тверде – рідина. Руйнування агрегатів пігментних частинок і розподіл пігментів і наповнювачів в об'ємі плівкотвірної речовини для отримання однорідної маси необхідної дисперсності із заданими реологічними властивостями. Стабілізація пігментної суспензії відбувається внаслідок додавання до пігментної пасти плівкотвірної речовини для збільшення товщини адсорбційно-сольватних шарів з макромолекул органічного олігомера та молекул розчинника.

Інноваційні технології одержання пігментованих матеріалів пов'язані з можливістю змінити кінетику диспергування та покращенням властивостей матеріалів. Швидкість процесу диспергування пігментів залежить від співвідношення та відповідності хімічної будови та властивостей плівкотвірних речовин та поверхні пігментів. Регулювати процеси змочування та адсорбції на стадіях інноваційних технологій одержання пігментованих матеріалів можливо при застосуванні аддитивів – диспергаторів та пігментів з модифікованою поверхнею. Диспергатори – окрема група низькомолекулярних сполук, наприклад, на основі солей металів Ва, Са та 2-етилгексанової кислоти, які внаслідок ефекту розклинюючої дії адсорбційно-сольватних шарів – ефекту Ребіндера сприяють руйнації агрегатів пігментних часток. Висока полідисперсність за значеннями молекулярної ваги реальних плівкотвірних речовин забезпечує можливість легкої адсорбції низькомолекулярних фракцій плівкотвірних речовин із активними функціональними карбоксильними, гідроксильними, ізоціанатними чи амінними групами на поверхні пігментів. Слід відзначити, що макромолекули олігомерів аналогічні дифільним поверхнево-активним речовинам. Такі самі властивості поверхнево-активних речовин можуть мати молекули активних розчинників, мономерів чи пластифікаторів. Висока якість пігментованих матеріалів забезпечується лише за умови утворення достатньо об'ємних адсорбційно-сольватних шарів з молекул олігомерів та інших поверхнево-активних речовин, які не руйнуються при механічних впливах.

Адсорбція макромолекул олігомерів на поверхні пігментних часток обумовлюється також температурою диспергування, якістю розчинника та концентрацією розчинів плівкотвірних речовин при диспергуванні.

Для визначення оптимальної для диспергування концентрації плівкотвірної речовини досліджують концентраційну залежність в'язкості та електропровідності розчинів олігомерів. Точка екстремума на концентраційній залежності електропровідності та точка перегину на залежності в'язкості від концентрації відповідає критичній концентрації олігомеру. Критична концентрація олігомера нижче концентрації олігомерів серійно випускаємих лаків.

Підвищення температури диспергування до 40-50 °С призводить до збільшення швидкості диспергування, але значне підвищення температури може призводити до емісії розчинників та процесів десорбції макромолекул олігомерів.

Процес диспергування здійснюється у спеціальних апаратах: шарових млинах, бісерних млинах, валкових машинах. У апаратах для диспергування утворюються зусилля тиску та зсуву. Процес диспергування дуже енергозатратний та характеризується низьким значенням коефіцієнта корисної дії. Велика доля енергії перетворюється на теплову та дисипує у навколишній простір.

До інноваційних технологій утворення пігментованих матеріалів належать процеси з використанням пігментів з модифікованою поверхнею. Таку модифікацію проводять на заключних стадіях процесів синтезу пігментів з розчинів реакційно здатних речовин. Додавання до водних суспензій пігментів спеціальних поверхнево-активних речовин обумовлює процеси інверсії змочування, коли пігментні частинки із водного дисперсійного середовища завдяки адсорбції на їх поверхні поверхнево-активних речовин переходять у органofільне середовище, що є ознакою доброго суміщення пігментів з органорозчинними лаками після дистиляції розчинників. Такі пігменти не утворюють міцних агрегатів пігментних часток внаслідок блокування адсорбційно-активних центрів на поверхні пігментів поверхнево – активними речовинами. При застосуванні поверхнево-модифікованих пігментів для одержання пігментованих матеріалів у технологічному процесі зникає необхідність у стадії змочування та диспергування пігментів. Такі інноваційні технології можна віднести до енергозберігаючих внаслідок зменшення енерговитрат на процес диспергування мікронізованих поверхнево-модифікованих пігментів. Технологічна схема такого процесу складається лише з апарату змішувача для утворення дисперсії мікронізованих модифікованих пігментів у розчині органічного олігомеру.

Окремий тип пігментованих матеріалів – це порошкові фарби. Розглянемо інноваційну технологію одержання порошкової фарби на конкретному прикладі

одержання порошкової фарби на основі термопластичного полімера – полівінілбутирала.

Технологія отримання порошкових фарб, як і рідких, заснована на використанні процесів диспергування і змішування. Оскільки порошкові фарби багатокомпонентні системи, важливою вимогою для них є однорідність складу, тобто рівність фізичних і хімічних характеристик у всьому об'ємі матеріалу. Це досягається гомогенізацією компонентів, їх змішанням. Просте механічне змішування не забезпечує одержання фарб потрібної якості. Необхідний гранулометричний склад фарб і відсутність сепарації при зберіганні, транспортуванні і нанесенні досягаються лише в результаті диспергування твердих компонентів. Диспергування пов'язано з руйнуванням твердих частинок та їх агрегатів, утворенням нової поверхні і вторинною адсорбційною взаємодією частинок однорідних і різнорідних компонентів. Застосовують диспергування в середовищі повітря при низьких температурах, коли всі компоненти, що диспергуються, в тому числі і плівкотвірник, перебувають у твердому стані, і в рідкому середовищі (пластифікаторах, розплавах плівкотвірників) при підвищених температурах.

Три основні способи отримання порошкових фарб:

- сухе змішування компонентів;
- змішування компонентів у розплаві з наступним подрібненням;
- гомогенізація компонентів у розчині з наступною дистиляцією розчинника отриманої рідкої фарби розпиленням.

Найбільше поширення в промисловості одержали перші два способи. Технологія виготовлення порошкових фарб відрізняється від виробництва рідких фарб, незважаючи на загальні принципи, що лежать в їх основі: апаратура обирається з урахуванням переробки твердої, в основному пилоподібної сировини; відсутні властиві рідким фарбам операції типізації та очищення готової продукції (відстоювання, фільтрування, центрифугування) і з'являються операції подрібнення, просіювання, пиловловлювання; через труднощі колірування готової продукції неприйнятний принцип «одноколірних емалей», який широко застосовується при виробництві рідких фарб; тому пігменти, наповнювачі та інші тверді компоненти, що входять в рецептуру фарб, диспергують спільно; Відсутність колірування і спільне диспергування всіх пігментів не можна визнати позитивними моментами у виробництві порошкових фарб. Це обумовлює підвищені вимоги до якості вихідної сировини для них (стандартності) і необхідність суворого дотримання технологічних режимів виробництва, щоб уникнути зміни кольору та відтінку фарб. Труднощі у виробництві представляє і зачистка обладнання від

порошкових фарб. Тому на одному потоці небажано випускати фарби широкого асортименту дрібними партіями.

Основними компонентами порошкових фарб є: олігомери (полімери), пігменти і наповнювачі, пластифікатори, модифікатори, твердники і прискорювачі твердіння, а також різні допоміжні речовини. Олігомери (полімери) складають основу порошкових фарб. Саме вони визначають властивості як самих фарб, так і покриттів на їх основі. Для отримання порошкових фарб використовують тверді олігомери або полімери, що представляють собою дисперсні сипучі порошки. Плівкотвірники для порошкових фарб повинні мати певний комплекс показників: молекулярна вага в межах 1500-3000; оптимальне число функціональних груп; певні ступінь кристалічності, температуру склування, плинності і плавлення; оптимальний поверхневий натяг, досить низьку в'язкість розплавів.

Пігменти і наповнювачі в порошкових фарбах виконують ті ж функції, що і в рідких; надання певних оптичних показників (колір, непрозорість), поліпшення захисних властивостей, зміни механічних, електричних та інших властивостей покриттів. Пігменти впливають і на основні показники фарб: сипучість, схильність до електризації, здатність до нанесення на поверхню.

У порошкових фарбах використовують ті ж пігменти і наповнювачі, що і в рідких лакофарбових матеріалах. Однак особливими вимогами до них можна вважати: здатність легко диспергуватися в розплаві олігомеру (полімеру); підвищену термостійкість, тобто здатність витримувати нагрівання в умовах формування покриття; інертність по відношенню до інших компонентів фарби, тобто нездатність реагувати з компонентами фарби при її виготовленні та зберіганні, а також активувати їх розкладання при отриманні покриттів.

При виробництві термопластичної порошкової фарби П-ВЛ-212 використовують пігмент зелений фталоціаніновий. Фталоціанінові пігменти мають тільки блакитний і зелений кольори, відтінки яких змінюються в залежності від кристалічної модифікації або хімічної будови. Це найбільш важлива група органічних пігментів. Виробництво їх безперервно розвивається, що пояснюється унікальними властивостями фталоціанінових пігментів: винятковою яскравістю, термостійкістю і світлостійкістю більш високою, ніж у інших органічних пігментів, чудовою міграційною стійкістю і стійкістю до дії хімічних реагентів. Вони значно перевершують за фарбувальною здатністю відомі неорганічні пігменти, наприклад, ультрамарин – в 20 разів, а залізну блакить – в 2-3 рази. Вартість їх порівняно невисока. Зелені фталоціанінові пігменти одержують хлоруванням фталоціаніна міді до вмісту 15 атомів хлору в молекулі.

Загальний вміст пігментів і наповнювачів в порошкових фарбах коливається в широких межах: від 5 до 60% (ваг.) і залежить від природи олігомеру (полімеру), кольору і призначення фарби.

Пластифікатори регулюють фізико-механічні властивості покриттів, а також знижують температуру і тривалість формування покриттів. Без застосування пластифікаторів неможливо отримати з порошкових фарб покриття з високими захисними і декоративними показниками.

Модифікатори так само, як і пластифікатори, застосовують для поліпшення властивостей порошкових фарб і покриттів. Це невеликі добавки полімерів, олігомерів або навіть мономерів, що відрізняються за типом від основних плівкотвірників.

В фарби на основі термопластичних полімерів можна вводити структуруючі добавки для отримання необоротних покриттів.

В порошкові фарби вводять ще й допоміжні речовини. До них відносяться, наприклад, термостабілізатори, фотостабілізатори; добавки, що поліпшують сипкість порошків і розтікання їх розплавів.

Процес виробництва полівінілбутиральної порошкової фарби складається з наступних технологічних стадій:

- прийом та підготовка сировини;
- дозування сипких компонентів порошкової фарби;
- здрібнення часток полівінілбутиралу в ударно-центробіжному млині;
- одержання пігментного концентрату в кульовому млині;
- завантаження компонентів в швидкісний змішувач;
- класифікація за розмірами частинок на віброситі, постаченим системою рекуперації;
- пакування та фасування готової порошкової фарби.

Прийом та підготовка сировини – це процедури забезпечення виробництва необхідною кількістю сировинних компонентів, перевірка сировини за одиничними показниками якості. Вся сировина перевіряється відділом технічного контролю на відповідність вимогам технічної документації і після видачі висновку, надходить на ділянку для застосування.

Перед завантаженням уся сировина, що надійшла на ділянку, піддається зовнішньому оглядові. Компоненти дозуються за допомогою вагового мірника, встановленого на вагах з максимальним навантаженням 600 кг. Сипуча сировина (пігменти і наповнювачі) зі складу в гумокордних контейнерах, паперових мішках, металевих барабанах подається електро- або автонавантажувачем у цех, у відділення підготовки сировини. Завантаження сипучої сировини, що поступила в гумокордних контейнерах, здійснюється за допомогою електротельфери, бункеру – візку, що зважують за допомогою

динамометра марки ДПУ 2–2–У2, ціна розподілу 0.2 кН, граничне навантаження 20 кН. Сипуча сировина дозується кількістю мішків з урахуванням маси вмісту сировини в мішку з вибірковою контрольною перевіркою маси сировини за допомогою ваг з погрішністю 1.5%. Здрібнення часток полівінілбутиралу в ударно-центробіжному млині необхідно, тому що полівінілбутираль складається з тонкодисперсних первинних частинок розміром 3-10 мкм, що утворюють в процесі сушки великі агрегати. Їх руйнування для отримання необхідного гранулометричного складу полівінілбутирала здійснюється за допомогою ударно-центробіжного млина, що працює в замкнутому циклі з сепаратором і циклоном.

В ударно-центробіжних млинах матеріал подрібнюється робочими тілами, що швидко обертаються. Окружна швидкість зазвичай становить 80-120 м /с, доходючи до 250 м /с. При цих значеннях подрібнення матеріалу відбувається не тільки за рахунок удару об робочі тіла і броню, а й за рахунок зіткнення і самостирання його частинок, зважених у повітрі. Такі млини іноді називають повітряно-вихровими. Внаслідок високих швидкостей робочих тіл і суспензії часток матеріалу в повітрі тверді (абразивні) матеріали викликають швидкий знос робочих тіл (молотків, бив, стрижнів, пальців, штифтів). Знос різко зростає з укрупненням первинних частинок вихідного матеріалу. Уже при швидкості 80-120 м / с знос робочих тіл настільки великий, що навіть при тонкому подрібненні м'яких матеріалів першої групи з твердістю за шкалою Мооса 3-4 викликає часту практично неприйнятну заміну робочих тіл. Переваги ударно-центробіжних млинів: компактність; порівняно проста конструкція. Застосуванню таких млинів в пігментних виробництвах сприяє наявність типорозмірів невеликої продуктивності. Основні недоліки: швидке зношення робочих тіл при дезагрегації матеріалів другої групи з твердістю більше 3-4 за шкалою Мооса; поломка робочих тіл при попаданні в млин великих міцних частинок матеріалу або металевих предметів; труднощі знепилювання млина.

Ударно-центробіжні млини використовуються для дезагрегації матеріалів другої групи, тобто тих, що складаються з первинних частинок розміром менше кількох мікрон, агрегованих в процесі сушіння. В ударно-центробіжному млині на двох обертових в різні боки дисках жорстко закріплені робочі тіла – стрижні (пальці). В ударно-центробіжному млині концентричні ряди пальців на кожному диску (кошику), центри обертання яких знаходяться на одній осі, розташовані таким чином, щоб при зближенні кошиків пальці, що обертаються одного концентричного ряду входили між рядами іншого. На відміну від молоткових і бісерних млинів матеріал надходить через лійку в центрі кошиків і виникаючими при їх обертанні центробіжними силами відкидається на пальці.

В кожному наступному ряду пальців, рахуючи від центру диска, відстань між ними зменшено. У міру проходження матеріалу через ряди пальців і зниження його розмірів зростає частота і швидкість удару. Зазвичай кожен диск робить 1000-1500 об / хв і відносна окружна швидкість зовнішніх рядів пальців досягає 100-250 м / с.

Одержання пігментного концентрату здійснюється в кульовому млині.

Для рівномірного розподілу в масі порошкової фарби пігмент зелений фталоціаніновий вводять у вигляді концентрату – суміші пігменту з частиною полівінілбутіраля, що проводиться в кульовому млині типу “Кефама”. Кульовий млин являє собою порожній барабан циліндричної форми, обладнаний сорочкою для охолодження, індивідуальним електроприводом з числом обертів 19 – 22 про/хв. Кульовий млин має керамічну футеровку. На бічній поверхні кульового млина є корковий кран, що призначений для відбору проб і для емісії пар розчинників. Кульовий млин обладнаний площадкою для обслуговування. Диспергуючий матеріал – стеатитові кулі.

Кульовий млин завантажують сировиною, що подається з відділення підготовки сировини до люка кульового млина бункер – візком або електротельфером і за допомогою завантажувального рукава засипають у люк. По закінченню завантаження кульовий млин герметично закривають і пускають у хід. Під час роботи кульового млина необхідно стежити за роботою водяного охолодження і регулювати подачу води таким чином, щоб не допускати нагрівання пігментного концентрату, температура якого не повинна перевищувати 40 – 50 °С. Температура охолодженої води на виході із сорочки, не повинна перевищувати 35 °С. При роботі кульового млина стеатитові кулі зношуються. Заміна їх повинна здійснюватися не рідше одного разу в квартал. Наступною стадією технологічного процесу є завантаження компонентів в швидкісний змішувач. Сухе змішування дезагрегованого полівінілбутіраля, пігментного концентрату і інших компонентів фарби проводиться в швидкісному змішувачі періодичної дії, забезпеченому сорочкою, з дотриманням необхідного температурно-часового режиму. У швидкісних змішувачах є дві мішалки – пропелерні, дискові або іншої форми. Верхня мішалка, що має окружну швидкість приблизно 10-15 м / с, забезпечує псевдозрідження матеріалу, а нижня – інтенсивну циркуляцію в корпусі змішувача. Верхня мішалка може мати окремий привід з більш високою частотою обертання. Швидкісний змішувач має приводний пристрій, що дозволяє плавно або східчасто змінювати обертання мішалок. Швидкісний змішувач оснащений сорочкою і клапаном з гідравлічним приводом для розвантаження матеріалу. Після сухого змішування усіх компонентів в швидкісному змішувачі готова охолоджена порошкова фарба просіюється. Для

цього застосовується апарат для просіювання вібраційного типу – вібросито. Рама сита вільно коливається на пружинах, вібрація здійснюється за допомогою інерційних вантажів, що закріплюються на шайбах. Кут нахилу сита складає 10–30°. Класифікація за розмірами частинок у технологічному процесі здійснюється на віброситі, постаченим системою рекуперації. Фракція, розмір якої не перевищує 100 мкм йде на фасування, а частки більшого розміру повертаються до технологічного процесу. Класифікація – одна із обов’язкових операцій при виготовленні порошкової фарби – проводиться з метою розділення на фракції за розміром часток.

Готова продукція пакується в поліетиленові мішки з метою запобігання потрапляння вологи в готовий продукт.

Таким чином, спосіб сухого змішування порошоків для одержання порошкових фарб – один з найбільш перспективних та використовується при отриманні фарб на основі термопластичних полімерів вінілового ряду, що представляють собою високодисперсні порошки. При розробці технологічної схеми та процесу виготовлення фарби було враховано, що частинки полімеру у порошкових фарбах, як правило, значно більше, ніж частинки пігменту: останній «опудрює» полімер. Це обумовлює збільшення сипучості, зменшення злежування і грудкування системи. Однак пігмент (наповнювач), що виступає в ролі ізолюючого прошарку, заважає злиттю розплавлених частинок при плівкотворенні. Фарби, отримані сухим змішанням, характеризуються малим ступенем наповнення – 3-15% (ваг.) та невисокою укривистістю. Для подолання цих недоліків застосовується технологія з ретельно обґрунтованою послідовністю завантаження сировинних компонентів. Для виробництва порошкових фарб необхідно, щоб усі вихідні компоненти були в твердому порошкоподібному стані. Пігменти, наповнювачі та полімери, як відомо, є високодисперсними порошками. Випускними формами полімерів можуть бути гранули, лусочки і навіть моноліти, що обумовлює необхідність їх механічного подрібнення, як і інших компонентів фарб – твердників, модифікаторів, стабілізаторів. Стабільні системи можна отримати, коли відбувається не просте змішування компонентів, а диспергування, тобто дезагрегація вихідних компонентів і утворення нових змішаних агрегатів з великою поверхнею контакту між різнорідними частинками. Отриманню таких сумішей сприяють близькість компонентів по полярності, високий ступінь їх дисперсності і хороший контакт між частинками при змішуванні. При використанні рідких компонентів необхідно створити умови для повного їх вбирання частинками твердих речовин, що входять в композицію.

Кульовий млин зазвичай обирають для диспергування компонентів у випадках, коли до складу пігментів фарби входять грубодисперсні та абразивні

природні немікронізовані пігменти та наповнювачі тому, що у кульових млинах поряд з диспергуванням відбувається зменшення розміру часток пігменту. Вибір кульового млина для диспергування пігментів пов'язаний з герметичністю кульового млина та можливістю запобігання пилінню у повітрі робочої зони.

7 Питання для самоконтролю

1. Які типи пігментованих матеріалів належать до групи органорозчинних матеріалів?
2. Чим відрізняються емалі та ґрунт-емалі як типи пігментованих матеріалів?
3. Які особливості технологій одержання пігментованих матеріалів з мікронізованими модифікованими пігментами?
4. Охарактеризувати переваги методу концентрованих паст як методу одержання пігментованих матеріалів
5. Принципи складання рецептур концентрованих паст
6. Стадії технологічних процесів одержання пігментованих матеріалів
7. Фізико-хімічні процеси при одержанні пігментованих матеріалів
8. Компоненти порошкових фарб та стадії технологічного процесу одержання порошкових фарб
9. Причини пігментного шока при виробництві пігментованих матеріалів
10. Шляхи запобігання виникнення пігментного шока при виробництві пігментованих матеріалів.

8 Інноваційні технології одержання воднодисперсійних теплоізоляційних, інтумесцентних матеріалів

Створення водно-дисперсійних матеріалів здійснюється з використанням наступних компонентів:

- дисперсії плівкотвірної речовини;
- пігменти й наповнювачі;
- піногасники;
- коалесцентні добавки;
- добавки для корегування рН;
- реологічні добавки;
- біоциди.

Різні типи полімерних дисперсій застосовуються в якості плівкотвірних речовин у водно-дисперсійних матеріалів: співполімери вінілацетату з

дибутилмалеїнатом, складними ефірами акрилової кислоти або її потрійні співполімери з етиленом і вінілхлоридом, чисті поліакрилати й поліметилметакрилати, акрилові співполімери зі стиролом і стирол-бутадієнові співполімери. Залежно від температури склування і стійкості до дії УФ-випромінювання або лугів, полімерні дисперсії застосовують у матеріалах для всіх видів субстратів, як мінеральних так і металевих, паперу, деревини й навіть пластиків, для покриттів, що експлуатуються усередині приміщення. За обсягом виробництва найбільш важливими є матеріали на основі синтетичних полімерів і латексні фарби для фасадів і стін усередині будинків та штукатурки. Більшість полімерних дисперсій фізично висихають при температурах вище 5⁰С, використовуються тонкі або середні дисперсії з діаметром часток 0,1–0,2 мкм. Якщо ж потрібно добра проникаюча здатність, тоді застосовують дуже тонкі дисперсії з розмірами часток 0,04–0,1 мкм. Полімерні дисперсії стабілізують проти коагуляції за допомогою спеціальних добавок.

Пігменти та наповнювачі для водно дисперсійних матеріалів не повинні мати у своєму складі водорозчинних речовин. Пігменти, які застосовують у водних системах, повинні мати підвищену інертність. Непридатними виявляються високоосновні пігменти (цинкові та свинцеві білила), які викликають гелеутворення у фарбах. Особливу увагу треба звертати на розчинність пігменту у воді та на вміст домішок (водорозчинних солей). Здатність пігменту генерувати іони не тільки знижує захисні властивості покриття, але й призводить до коагуляції водних дисперсій. Іони полівалентних металів руйнують стабілізуючу систему дисперсійних фарб. Досі найбільш важливими з пігментів є диоксид титану, який дозволяє отримувати покриття з доброю викривною здатністю та атмосферостійкістю для експлуатації поза приміщенням. Наповнювачі застосовують переважно в шпатлівках, порозаповнювачах та матеріалах для оздоблення інтер'єрів. Вони значно впливають на проникливість води, водяного пару, диоксиду сірки та інших газів крізь товщину полімеру; деякі з них також мають вплив на адгезію та можливість покриттів до шліфування. У водно дисперсійних матеріалах використовують природні неорганічні мінеральні наповнювачі: крейду, каолін, тальк, слюду, барити. Синтетичні наповнювачі використовуються тільки у спеціальних випадках. Точне дотримання співвідношення пігмент/наповнювач (тип і розмір часток індивідуальних пігментів і наповнювачів) має дуже великий вплив на критичну об'ємну концентрацію пігменту та на пористість готового покриття.

Оскільки пігменти та наповнювачі не стабілізують полімерні дисперсії у пігментованих водно-дисперсійних матеріалів необхідно використовувати

змочувальні й диспергуючі добавки. Також слід уникати застосування надлишку таких добавок, тому що вони знижують водостійкість покриттів.

В наслідок присутності у полімерних дисперсіях різних добавок, що вводяться на стадії полімеризації, полімерні дисперсії схильні до піноутворення, тому треба вводити піногасники. Їх слід додавати безпосередньо у пігментну пасту в присутності змочувальних агентів. Для поліпшення плівкоутворення варто вводити також і коалесцентні добавки. Дисперсії стійкі тільки при певних значеннях рН, зазвичай у слабо основній області, тому в водно-дисперсійні матеріали часто вводять NH_4OH , NaOH для корегування рН.

Більшість дисперсій має низьку в'язкість, тому їх реологічні характеристики необхідно корегувати шляхом введення згущувачів та тиксотропних добавок. Для цього окрім похідних целюлози використовуються також різні синтетичні продукти та неорганічні речовини. Вміщуючи дрібні полімерні частки, що дисперговані у воді, дисперсії являють собою живильне середовище для мікроорганізмів. Тому їх необхідно захищати від атаки мікробів у тарі за допомогою біоцидів.

Полімерні акрилові дисперсії поділяються на акрилові та стирол-акрилові. Акрилові – дисперсії полімерів, які отримані з акрилових та метакрилових мономерів, стирол-акрилові – при співполімеризації акрилової (метакрилової) кислоти зі стиролом. Полі(мет)акрилати володіють високою атмосферостійкістю, стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, доброю водостійкістю та стійкістю до пожовтіння покриттів на їх основі, можливістю отримувати співполімери із заданою жорсткістю, гнучкістю та твердістю. Високий блиск покриттів та його зберігання при тривалій атмосферній дії сумісно зі стійкістю до дії лугів, кислот та води, робить цей клас співполімерів незамінними в рецептурах матеріалів для зовнішнього застосування.

Диспергування пігментів та наповнювачів у рідкому середовищі є складним фізико-механічним процесом, який визначає якість та експлуатаційну придатність матеріалів.

Особливість виробництва пігментованих водно-дисперсійних матеріалів полягає у тому, що пігменти не можна диспергувати у плівкотвірній речовині, оскільки водні дисперсії полімерів менш стійкі до механічного впливу та присутності сторонньої твердої мікрофази. Недотримання оптимальних гідродинамічних та адсорбційних умов може призвести до флокуляції та флоатації пігментів, зниженню блиску, вкривності та зміни кольору, подовженню часу диспергування.

Процес диспергування пігментів можна розділити на три основні стадії. Перша відповідає змочуванню водою агрегатів та первинних часток пігментів,

витискування з їх поверхні адсорбованих газів та вологи. Друга стадія – подрібнення, на якій агломерати руйнуються до менших часток з більшою поверхнею розділу фаз. Це повинно призводити до утворення первинних часток. Енергетично насичена після прикладених механічних зусиль система прагне повернутися у початкове низько енергетичне становище, при якому частки диспергованого пігменту асоціюються з утворенням флокулянтів.

Третя стадія – стабілізація пігментної дисперсії для запобігання небажаної флокуляції.

Вплив на процес змочування та стабілізації є можливим за допомогою ПАР, до яких відносяться змочувальні та дисперсійні добавки. Ефективність процесу диспергування визначається: мінімальним часом процесу, енерго- та трудовитратами; достатньо високим ступенем дисперсності пігментної суспензії та її стабільності (незмінною при зберіганні та використанні).

Сучасне виробництво фарб передбачає застосування: ефективного та високопродуктивного обладнання; прогресивних рецептур фарб, у яких збалансовані та вузько спеціалізовані усі компоненти (майже не допускається їх заміна); поверхнево-модифікованих пігментів та наповнювачів, які мають регламентований розподіл часток за розмірами, тобто полідисперсність, що дозволяє більшості з них диспергуватися без застосування диспергуючого обладнання, тобто безпосередньо у дисольвері; спеціалізованих добавок: змочувателів, диспергаторів–стабілізаторів, без яких неможливе сучасне виробництво пігментних суспензій, особливо у водному середовищі.

Співвідношення між плівкотвірною речовиною та пігментною частиною у значній мірі визначає фізико-механічні та захисні властивості покриття. Цю величину характеризують значенням об'ємної концентрації пігменту. Абсолютне значення критичної об'ємної концентрації пігменту у значній мірі характеризує рівномірність розподілу пігментних часток у структурі плівки. Ступінь адсорбційної насиченості поверхні часток латексу та часток пігменту поверхнево активною речовиною суттєво впливає на характер такого розподілу. При використанні адсорбційно-ненасичених дисперсій молекули поверхнево-активних речовин не заважають взаємодії полімерних часток з поверхнею пігменту. Проте у зв'язку із значною мікро-неоднорідністю отриманих при цьому плівок, у їх склад вдається ввести порівняно невелику кількість пігментів.

Основу технології ВДФ складають два процеси: отримання пігментної пасти шляхом диспергування пігментів у водній фазі у присутності цільових добавок та сумісність пігментної пасти з плівкотвірною дисперсією.

Ці процеси можуть бути здійснені у різних варіантах технологічної схеми в залежності від типу диспергуючого обладнання. Одним з економічних

є метод отримання ВДФ без застосування диспергуючого обладнання. В цьому випадку диспергування проводять у дисольвері, процес виробництва підлягає математичному опису, що дозволяє здійснити комп'ютерне автоматизоване керування. Диспергуюче обладнання – швидкісний змішувач із дискозубчатою (фрезерною) мішалкою, яка називається мішалкою «Коулса» або дисольвером зі змінними діжами. Діжа має об'ємом 1 м³. Відповідно до особливостей складу фарби диспергування проводиться у водній фазі (вода, диспергатор та інших допоміжні речовини) з додаванням пігментів та наповнювачей. Для постановки на «тип» вибираємо змішувач періодичної дії об'ємом 2 м³. Для фільтрування є доцільним використання мішечного фільтру, що дозволяє уникнути можливого астабілізаційного впливу на дисперсію (у вигляді збільшення числа та інтенсивності співбиття часток). Перевага мішечного фільтру у порівнянні з патронним полягає у : інтенсивності потоку; часу дії; простоті обслуговування; вартості. Постановка фарби “на тип” здійснюється шляхом стабілізації пасти стирол-акриловою дисперсією. Коалесцент та консервант додаються на останньому етапі виготовлення фарби. В таблиці 1 наведена рецептура водно-дисперсійної фарби.

Таблиця 1 – Рецептура стирол-акрилової фарби

Компоненти	Кількість, % (мас.)	Щільність, г/см ³
Дисперсія (стирол-акрилова) (50%)	15,00	1,1
Вода	37,00	1,0
Згущувач	0,45	1,0
Коалесцент	1,25	0,947
Консервант	0,52	1,01
Диспергатор	0,18	1,16
Піногасник	0,60	0,89
Диоксид титану	10,00	4,0
Оміакарб	20,00	2,3
Каолін	5,00	2,5
Тальк	10,00	2,8
РАЗОМ:	100,00	

Аналіз рецептури полягає у встановленні щільності суміші пігменту та наповнювачів та об'ємної концентрації пігменту та наповнювачів:

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{10 + 20 + 5 + 10}{\frac{10}{4,0} + \frac{20}{2,3} + \frac{5}{2,5} + \frac{10}{2,8}} = 2,68 \text{ г/см}^3,$$

де сума пігменту та наповнювачів у рецептурі = 45,0 г.

Об'ємна концентрація пігменту та наповнювачів:

$$OKP = \frac{\frac{45}{2,68}}{\frac{45}{2,68} + \frac{15,0 \cdot 0,5}{1,1}} \cdot 100\% = 71,14\%$$

Аналіз рецептури свідчить, що ОКП становить 71,14%, що є достатньо, для ЛФМ на стирол-акриловій основі, основною областю застосування яких є високо наповнені фарби з ОКП > 40%.

Стирол-акрилова дисперсія – Primal CM-219 EF (Rohm and Haas) – стирол-акрилова дисперсія для різноманітного застосування, яка має наступні характеристики:

- висока зв'язуюча здатність;
- висока ступінь дисперсності;
- добра адгезія до поверхонь;
- добра стійкість до води та лужної середи;
- універсальність при використанні (для широкого спектра рецептур).

Згущувач – Walocel – природний целюлозний згущувач гідротаційного характеру. Він пов'язує своїми полярними групами значну кількість молекул води. Наслідком цього є зростання ефективної концентрації дисперсійних часток у об'ємі системи і відповідно зростання в'язкості. Визначну роль грає також утворення просторових структур за рахунок водневих зв'язків.

Диспергатор – Orotan N-4045 – диспергатор на основі полікарбонатової кислоти. Він добре сумісний з модифікаторами реології на основі луго-розчинних дисперсій, що забезпечує відмінну стабільність в'язкості. До головних особливостей будови молекул диспергаторів можна віднести наявність фрагментів, які володіють спорідненням до дисперсійної середи пігментної суспензії, та груп, які взаємодіють з активними центрами поверхні пігменту (анкерів).

Коалесцент – Texanol / NX-795 – коалесцент, який за хімічним складом уявляє собою $C_{12}H_{24}O_3$ – 2,2,4-триметил-1,3-пентадіол-моноізобутерата. Застосовують для зниження МТП стирол-акрилової дисперсії, тобто для забезпечення потрібних умов плівкотворення.

Піногасник – Foamaster NXZ – піногасник (суміш аліфатичних вуглеводородів та емульгаторів) для емульсійних фарб, які створюються на основі стирол-бутадієна, акрилатів. Молекули піногасника, завдяки розташуванню між молекулами ПАР, можуть призводити до дестабілізації шарів, руйнуванню та зникненню бульок повітря.

Консервант – Rosima 622 – консервант, який уявляє собою комбінацію активних речовин у рідкій формі для зберігання (консервування) водних

продуктів у тарі. Забезпечує ефективний контроль за виникненням бактерій та грибків у зачинених системах, таких як дисперсійні фарби. Активні речовини: похідні формілу й тіазолу.

Диоксид титану – TiO_2 являє собою порошок білого кольору, що випускається у вигляді двох кристалічних модифікацій: анатазній і рутильній, що відносяться до однієї й тієї ж кристалографічної системи (тетрагональної), але мають різні параметри елементарного осередку. Диоксид титану – рутильної форми P-02, тобто з поверхневою обробкою неорганічними сполуками. Серед білих пігментів диоксид титану має найбільш високий коефіцієнт рефракції 2.75, що робить його найкращим.

Більш щільне впакування атомів у кристалічній решітці рутилу забезпечує більш високі коефіцієнти переломлення й діелектричну проникність і меншу теплопровідність у порівнянні з анатазом. Домішки деяких металів, що попадають у диоксид титану при прожарюванні, спотворюють параметри кристалічної решітки й сприяють появі деяких відтінків. Рутил більш чутливий до зміни кольорів під впливом домішок. Диоксид титану володіє фототропією, тобто здатністю змінювати кольори пігменту з білого в коричневий під дією світла й температури за рахунок домішок. У темряві й при охолодженні потемніння зникає.

Для усунення жовтизни у диоксид титану можна вводити невеликі добавки флуоресціюючих барвників, оптичних відбілювачів і деякі пігменти, але при цьому знижується яскравість.

Диоксид титану має високу фотохімічну активність, що проявляється під дією видимого й ультрафіолетового світла навіть при кімнатній температурі. При цьому з поверхні часток диоксида титану відділяється кисень, що окисляє й руйнує дотичну з нею в покритті плівкотвірну речовину й викликає «меління». Рутил має знижену фотоактивність, чим анатаз: при цьому в рутилу, отриманого сірчаноокислотним способом, вона менш, ніж у рутилу, отриманого з тетраклориду титану. Для зниження фотохімічної активності й поліпшення диспергування в плівкотвірних речовинах, поверхню часток диоксида титану піддають модифікуванню.

Диоксид титану хімічно інертна, неотрутна, негорюча речовина, не розчиняється у воді, неорганічних й органічних кислотах і розведених лугах.

Диоксид титану використовують для виробництва лакофарбових матеріалів, в тому числі для водорозчинних емалей та ґрунтівок. Також використовують для покриттів з високими декоративними властивостями.

Оміакарб – Omyacarb 10-GU – порошок білого кольору з кристалічною будовою, який в основному складається з карбоната кальцію $CaCO_3$ (95,5 – 99,0%) і домішок карбоната магнію (1 – 3,5%), які зазвичай присутні в вигляді

подвійної солі $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (доломита), окислів алюмінію (приблизно 0,15%) та окислів заліза (приблизно 0,25%).

Каолін – кристалічний, ніжний на дотик порошок білого кольору, за хімічним складом являє собою гідратований силікат алюмінію $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Основною складовою частиною каоліну є мінерал каолініт, що утворюється при руйнуванні гранітів. На відтінок каоліну в основному впливає домішка окису заліза. Частки каоліну дрібні й мають пластинчасту будову.

Каолін стійкий до води, повітря, CO_2 і нагрівання. Вода відділяється тільки при температурі вище 400°C . При прожарюванні каолін дегідратується та втрачає до 13-14% маси. Прожарений каолін ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), має більш високу білизну й показник переломлення, а отже й кращу вкривну здатність, що дозволяє замінити їм більш значну частину білих пігментів. Каолін ставиться до порівняно нечисленної групи дифільних наповнювачів, змочується добре водою й органічними малополярними рідинами. Крім того, каолін володіє гарною матовою здатністю. Каолін широко застосовують для водно-дисперсійних фарб, у яких він утворює стійку суспензію. Завдяки м'якій текстурі його застосовують у шпаклівках і порозаповнювачах, для яких потрібна добра здатність до шліфування.

Тальк являє собою порошок білого чи сірого кольору, м'який та жирний навпомацки. За хімічним складом – водний силікат магнію $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Виробляють тальк марок ТМК-28, ТМК-27, ТМК-24 (цифра вказує на мінімальний вміст оксиду магнію у мас. %). Завдяки м'якості та жирності, тальк надає блиску зафарбованій поверхні. Підвищує водо- та атмосферостійкість, механічні та адгезійні властивості фарб. Його унікальні властивості визначаються головним чином пластинчастою формою його часток. Використання талька у водно-дисперсійних фарбах покращує в'язкість, додає седиментаційну стійкість, впливає на зростання атмосферо- та хімічної стійкості.

Вода – при виробництві водно-дисперсійних фарб на стирол-акриловій основі допускається використання питної води замість дистильованої води. Твердість води не повинна бути більш ніж 3 мЕкв.

Пігмент (діоксид титану) і наповнювачі (каолін, оміакарб, микротальк) надходять у цех для зважування у мішках, у вигляді сухих порошоків. Зберігаються пігмент й наповнювачі на спеціально обладнаному складі. Пігмент і наповнювачі попередньо зважені на вагах, надходять у цех виробництва фарби.

Рідка сировина надходить у цех у залізничних цистернах, які подаються до спеціально обладнаного складу. Склад обладнаний зливо-наливною

площадкою й резервуарним парком. Компоненти для виготовлення водної фази завантажуються згідно рецептури у таблиці 2:

Таблиця 2 – Завантажувальна рецептура

№	Найменування компонентів	Кількість, % (мас.)	Завантажено, кг
1.	Вода	96.6050	725.6
2.	Згущувач	1.2421	9.3
3.	Диспергатор	0.4968	3.7
4.	Піногасник	1.6561	12.4
РАЗОМ		100.00	100.00

Приготування пігментної пасти здійснюють за допомогою швидкісного змішувача – дисольверу зі змінними діжами з фрезерною мішалкою. Частота обертання мішалки 1400 об/хв. Потужність електродвигуна 30 кВт. Особливістю дискозубчатої мішалки є високий ступінь турбулізації суміші в зоні зубчастого обіду й різке зниження тангенціальних і радіальних швидкостей потоку на невеликій відстані від мішалки, що, створюючи більші напруги зрушення, сприяє інтенсивному перемішуванню.

На екологічні показники виробництва впливають характер та конструкція виробничого обладнання. Таким чином, більш екологічно повноцінним можливо використовувати дисольвер з вакуум кришкою. Також над дисольвером розміщують пульсуючий корзинчатий фільтр, який захоплює тверді частки, які знаходяться у повітрі при завантаженні сировини.

На другій стадії процесу до дисольвера подається водна фаза (напівфабрикат) самопливом із змішувача для диспергування. Далі вмикають мішалку і завантажують пігменти та наповнювачі, які попередньо зважуються на вагах. Необхідні компоненти завантажуються згідно рецептури у таблиці 3.

Таблиця 3 – Завантажувальна рецептура пігментної пасти

№	Найменування компонентів	Кількість, % (мас.)	Завантажено, кг
1.	Напівфабрикат	44.6017	749.8
2.	Диоксид титану	12.3107	206.9
3.	Оміакарб	24.6214	413.9
4.	Каолін	6.1554	103.4
5.	Тальк	12.3107	207.0
РАЗОМ		100.00	100.0

По закінченні завантаження здійснюється диспергування завантажених компонентів. Контроль другої стадії процесу здійснюється візуально по досягненні однорідності пігментної суспензії та по приладу «Клин» (не більш 50 мкм). Після цього суспензію перекачують насосом у змішувач постановки на "тип". Постановка фарби на «тип» здійснюється у вертикальному змішувачі постановки на «тип». У змішувач постановки на "тип» завантажуються рецептурна кількість стирол-акрилової дисперсії, коалесцента, консерванта, води відповідно до завантажувальної рецептури у таблиці 4.

Таблиця 4 – Завантажувальна рецептура в змішувач постановки на «тип»

№	Компоненти	Кількість, % (мас.)	Завантажено, кг
1.	Пігментна паста	81,23	1740,8
2.	Вода	2,00	42,9
3.	Коалісцент	1,25	26,8
4.	Стирол-акрилова дисперсія	15,00	321,4
5.	Консервант	0,52	11,1
РАЗОМ		100,00	2143,0

По закінченні завантаження вміст апарата перемішується, після чого приступають до постановки на «тип». При необхідності додається розрахункова кількість дисперсії, води. Фарбу витримують у змішувачі не менш двох годин для стабілізації в'язкості. Потім включають мішалку і після перемішування визначають відповідні параметри фарби. Готова фарба після стабілізації подається для фільтрації на мішечний фільтр. Фарба після фільтрації направляється на фасування та на склад готової продукції.

Інноваційна технологія виробництва водно дисперсійної фарби може бути модифікована з метою одержання теплоізоляційних водно дисперсійних матеріалів шляхом завантаження на стадії одержання пігментної пасти розрахованої кількості скляних мікросфер. Для запобігання інтенсивного спінювання на цій стадії необхідно використовувати вакуум-дисольвер та ефективні антиспінюючі добавки.

Інноваційні технології виробництва негорючих водно дисперсійних матеріалів передбачають застосування на стадії виготовлення пігментної пасти комплексу інтумесцентних добавок.

9 Питання для самоконтролю

1. З якою метою у складі технологічної схеми інноваційних технологій одержання водно дисперсійних матеріалів застосовують вакуум-дисольвери?
2. Чим відрізняється аналіз рецептури водно дисперсійного матеріалу від аналізу рецептури органорозчинних матеріалів?
3. Які вимоги до пігментів та наповнювачів для водно дисперсійних матеріалів?
4. Роль коалесцентів у складу водно дисперсійних матеріалів. Види коалесцентів.
5. Які дії необхідно передбачити у випадку, якщо ступінь дисперсності готової водно дисперсійної фарби 80 мкм, а за вимогами ТУ У 50 мкм?
6. Чому водну дисперсію полімеру не додають при виробництві пігментної пасти? Які компоненти у складі пігментної пасти?
7. Як хімічний склад та будова макромолекул акрилових та стирол-акрилових водних дисперсій пов'язані із різними сферами застосування окремих видів дисперсій?
8. Обґрунтувати необхідність стадій інноваційних технологій виробництва водно дисперсійних матеріалів.
9. Обґрунтувати вибір дисперсії, пігментів, наповнювачів, коалесцента, консерванта, піногасника, згущувача у складі водно дисперсійної фарби.
10. Чи можна віднести інноваційну технологію одержання водно дисперсійних матеріалів до енергозберігаючих?

Навчальне видання

ГУРІНА Галина Іванівна

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ
ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів I курсу денної форми навчання
освітнього рівня «магістр» за спеціальністю
161 – Хімічні технології та інженерія)*

Відповідальний за випуск *І. С. Зайцева*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2020, поз. 47Л

Підп. до друку 11.06.2020. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2.8.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.