



Гоц В. І.



Ластівка О. В.



Томін О. О.



Ковальчук О. Г.

Гоц В. І., доктор технічних наук, професор, декан будівельно-технологічного факультету, Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), 03680, Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр-т, 31, ☎ +38 (044) 248-30-16

Ластівка О. В., к.т.н., доцент кафедри ТБКіВ, Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), 03680, Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр-т, 31 ☎ +38 (067) 434-25-536 ✉ oles.lastivka@gmail.com

Томін О. О., аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), 03680, Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр-т, 31 ☎ +38 (067) 700-83-07,

Ковальчук О. Г., директор, ТОВ «Лаковер», 04037, Київ, вул. Куренівська, офіс 315, ☎ +38 (067) 183-03-10

Volodymyr Gotz, Doctor of Technical science, Professor, Dean of the Faculty of Construction and Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, 03680, Ukraine, Kyiv, Povitroflotsky Ave, 31 ☎ +38 (044) 248-30-16

Oles Lastivka, PhD, Associate Professor of Construction and Technology Department, Kyiv National University of Construction and Architecture 03680, Ukraine, Kyiv, Povitroflotsky Ave, 31 ☎ +38 (067) 434-25-536 ✉ oles.lastivka@gmail.com

Olexandr Tomin, PhD student, Kyiv National University of Construction and Architecture, 03680, Ukraine, Kyiv, Povitroflotsky Ave, 31 ☎ +38 (044) 248-30-16,

Olga Kovalchuk, director of LLC «Lakover», 04037, Ukraine, Kyiv, 18 Kurenivska Street, Office 315, ☎ +38 (067) 183-03-10

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕКОРАТИВНО-ЗАХИСНИХ ПОРОШКОВИХ ЛАКО-ФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

TECHNOLOGY OF MANUFACTURING DECORATIVE-PROTECTIVE POWDER COATINGS TO PROTECT CONSTRUCTION METAL PRODUCTS

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕКОРАТИВНО-ЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Анотація. В статті розглянуто обґрунтування вибору використання сировинних матеріалів для порошкових лако-фарбових покриттів та технології їх виготовлення для захисту будівельних металевих виробів.

Ключові слова: порошкова фарба, плівкоутворюючий компонент, наповнювач, технологія виготовлення, міцність, адгезія, корозійна стійкість.

Summary. In the article the rationale for the choice of using raw materials for powder coatings and their manufacturing techniques to protect metal products was considered. The technology of using the decorative and protective coatings based on powder coatings has many advantages in contrast with coatings based on fluid systems: powder coatings are supplied to construction plants fully preformed, they do not need to be prepared, mixed, stirred and their viscosity does not need to be regulated. As a rule, in order to receive a powder coating based decorative and decorative coating you should apply only one layer of paint, while liquid coatings require applying several layers; this increases the time of coating production. The powder coating can be easily utilized and recycled, thus the economic feasibility of production increases.

Keywords: powder coating, film-forming component, filler, manufacturing technology, strength, adhesion, corrosion resistance.

Аннотация. В статье рассмотрены обоснования выбора использования сырьевых материалов для порошковых лакокрасочных покрытий и технологии их изготовления для защиты металлических изделий.

Ключевые слова: порошковая краска, пленкообразующий компонент, наполнитель, технология изготовления, прочность, адгезия, коррозионная стойкость.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблема боротьби з корозією будівельних металевих виробів являється актуальною. Це обумовлено наступними причинами: зростанням економічних втрат від корозії, які в розвинених країнах сумірні з капітальними вкладенням в окремі галузі економіки, і зменшенням довговічності і надійності будівельних конструкцій та виробів [1]. Обвалення покрівлі громадських будівель і споруд, розриви трубопроводів, корозійне обвалення оболонок великих технологічних агрегатів створюють серйозну загрозу забруднення навколишнього середовища з небезпечною тривалого зараження води, ґрунту, атмосфери різними шкідливими хімічними речовинами, пилом, аерозолями і радіоактивними елементами.

При виконанні будівельних робіт найбільшого поширення набули антикорозійні лакофарбові матеріали, які наносять на покриття у в'язко-рідкому стані, завдяки відносно низькій їх вартості та доступності. Незважаючи на їх велику різноманітність і

порівняно невелику вартість, лакофарбові матеріали мають істотний недолік – короткі терміни служби, що вимагає частого відновлення покриття будівельних металевих виробів, що в свою чергу веде до більших витрат коштів через короткий міжремонтний термін. Проте у 60-х роках минулого століття з'явився новий вид лакофарбових покриттів – порошкові [2].

Перші термореактивні порошкові покриття з'явилися на ринку на початку 1950-х рр, в основному в результаті дослідницької роботи, проведеної компанією ShellChemicals [3]. Метою наукових досліджень була розробка захисних органічних покриттів для власних підземних газопроводів та нафтопроводів компанії. Перші порошкові системи були відносно простими, вони являлися фізично сухими сумішами епоксидних смол, затверджувачів і пігментів.

Покриття, що використовуються в даний час, були розроблені в лабораторіях Англії та Нідерландів в період 1962-1964 років [4]. У 1964 році на ринку з'явилися перші

декоративні епоксидні / DICY порошкові покриття. У той же період у Франції було розроблено перше обладнання для електростатичного напилення органічних порошкових покриттів [5]. Це зробило вагомий внесок в успішний розвиток декоративного, термореактивного порошкового покриття, оскільки вперше можна було застосовувати покриття з допустимо-прийнятним товстим шаром.

Реальний прорив у розвиток декоративно-захисних порошкових покриттів був зроблений в 1971 році компанією SCADO BV у Нідерландах [4]. Виявлено, що покриття можуть бути одержані шляхом нагрівання розплаву карбоксил-функціональних смол та епоксидних сполук у вигляді смол бісфенолу А (поліефірні/епоксі-поліефірні) або системи на основі тригліцидилізоціанурату (TGIC). Після цього, у Швейцарії для захисту алюмінієвих виробів почали використовувати стійкі до впливу навколишнього середовища (поліефірні/епоксі-поліефірні) покриття, що вироблялися компанією VP landshut в Західній Німеччині. Ці дві системи на даний момент домінують на ринку в Європі [6].

Розробка нових систем порошкового покриття інтенсивно розвивається завдяки удосконаленням обладнання для їх виробництва та застосування [7]. Проте спосіб розплавлення порошкової маси залишався практично єдиним процесом, запозичений у 1960-х роках з пластичної промисловості, який використовується для виробництва порошкових покриттів і на сьогоднішній день.

У хімічному відношенні виділяють дві групи сировинних матеріалів для виготовлення порошкових покриттів: на основі термопластичних і на основі термореактивних плівко-утворювачів [8]. Перші утворюють покриття без хімічних перетворень, в основному за рахунок розплавлення частинок порошку і охолодження розплавів. У другому випадку відбувається процес затвердження при нагріванні смоли, або в результаті взаємодії смоли із спеціально введеним затверджувачем.

Плівкоутворювачами для термопластичних порошкових фарб в основному є: поліетилен, полівінілхлорид, поліаміди, сополімери етилену з вінілацетату, насичені поліефіри. Їх застосовують для отримання покриттів, до яких не пред'являють високих вимог по експлуатаційним характеристикам. В якості основи для термореактивних полімерних порошкових покриттів застосовують епоксидні, поліефірні, акрилатні та поліуретанові смоли [9]. Обсяг виробництва термореактивних покриттів становить до 80 % від загального випуску порошкових лакофарбових матеріалів.

У поєднанні з гострим підвищення цін на розчинники для рідких лако-фарбових матеріалів (ЛФМ), це призвело до швидкого розвитку порошкового покриття [10]. Тому порошкові покриття сьогодні є визнані не тільки екологічно чистими системами, але і матеріалами, які успішно конкурують за хімічними та механічними властивостями, а також за вартістю з ЛФМ на основі рідких розчинників.

Метою роботи є обґрунтування вибору використання сировинних матеріалів для порошкових лакофарбових покриттів та технології їх виготовлення для захисту будівельних металевих виробів.

Обґрунтування вибору сировинних матеріалів та типів технологій для виробництва порошкових лакофарбових покриттів

Термореактивні порошкові фарби – це тверді дисперсні композиції, до складу яких входять плівкоутворюючі смоли, затверджувачі, наповнювачі, пігменти і функціональні добавки. Фарби класифікують за хімічною ознакою, типом плівкоутворювача і призначенням покриттів. На рис.1 наведено приклад складу термореактивної порошкової фарби.



Рис. 1. Приклад складу термореактивної порошкової фарби

В якості **плівкоутворюючого компоненту** використовуються термотверді олігомери у вигляді епоксидних, поліуританових та насичених карбоксилівмісних поліефірних і гібридних смол з різною температурою склування полімерів, молекулярною масою та наявністю функціональних груп. В даній роботі в якості плівкоутворюючого компоненту використано поліефірні смоли виробництва компанії «Alpex», які сприяють отриманню високих фізико-механічних та експлуатаційних властивостей порошкового покриття. Характеристика смол наведена в табл. 1.

Затверджувач в порошкових покриттях використовується для структурування смоли при заданій температурі. Затверджувач не повинен вступати в хімічну реакцію зі смолою при кімнатній температурі. Зазвичай, в якості затверджувача використовуються аміни, ангідриди і заблоковані ізоціанати. Найбільш важливими з вживаних в даний час плівкоутворювачів і їх затверджувачів для порошкових фарб є системи: EP-SP карбоксилівмісна поліефірна смола + епоксидна смола в якості затверджувача); SP-TGIC (карбоксилівмісна поліефірна смола + затверджувач тригліцидилізоціанурат); SP-HAA (карбоксилівмісна поліефірна смола + затверджувач гідроксіалкідамід); AC-PUR (гідроксилівмісна акрилова смола + ізоціанатний продукт в якості затверджувача). Протягом багатьох років, при виробництві атмосферостійких порошкових покриттів добре себе зарекомендували покриття, що містять вільні карбоксильні групи, а саме: поліефірні смоли в поєднанні з TGIC та HAA (SP-TGIC системи, SP-HAA). З огляду на це, в даній роботі використано TGIC виробництва компанії «Huangshan», та HAA марки Primid XL 552 виробництва компанії «EMS Chemicals».

Таблиця 1.

Характеристика плівкоутворюючих компонентів

Смола	Характеристика смоли						
	Зовнішній вигляд	Затверджувач	Блиск 200/600, %	Вязкість по Брукфільду 200°C, мПа-с	Колір b-показник	Число кислотності (мг КОН/г)	Тем-ра склування, °C
Crylcoat 2618-3	Непрозорі гранули	HAA	61	2800-3400	10	30-35	62
Crylcoat 2441-3T	Непрозорі гранули	TGIC	67	4000-5200	15	30-35	58

Наповнювач. Використання наповнювача сприяє підвищенню фізико-механічних характеристик порошкового покриття: розплив, ударостійкість, міцність на згин, блиск, хімічна стійкість, покриваність. Кожний наповнювач характеризується специфічними властивостями, і тим самим надає порошковим покриттям свої характерні особливості.

До наповнювачів для порошкових покриттів висуваються наступні вимоги:

- високий ступінь дисперсності; бажано, щоб частинки наповнювача були набагато менші за розміри зерен полімеру, на основі якого складена композиція;
- термостійкість в межах температури і часу плівкоутворення;
- відносна інертність по відношенню до полімеру: наповнювач не повинен істотно збільшувати температуру плинності і в'язкість розплавів.

Для отримання порошкових композицій придатні наповнювачі мінерального і органічного походження. Найбільшого поширення в якості наповнювачів для порошкових з'єднань отримали барити ($BaSO_4$), кальцити ($CaCO_3$), тальк [$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$], доломіт [$CaMg(CO_3)_2$], мікрослюда [$KAl_2(OH)_2AlSi_3O_{10}$].

При розробці рецептур в якості наповнювача використовували осаджений сульфат барію виробництва компанії «Changsha Lianda».

Пігменти. Настільки ж важливим, як використання смол і затверджувачів, є вибір пігментів. Відзначимо, що в існуючому виробництві порошкових фарб на відміну від рідких, відсутні операції колорування, не контролюється і ступінь диспергування пігментів. Слабо реалізуються і хімічні підходи для проведення процесів диспергування (облік поверхневої активності плівкоутворювачів, використання диспергуючих агентів та ін.). Для отримання порошкових покриттів застосовують неорганічні пігменти, так як вони володіють необхідною термостійкістю при високих температурах затвердження. Але деякі з них піддаються змінам під дією високих температур. Все це може викликати зміну кольору і морфології частинок порошкової фарби. Для запобігання цих небажаних явищ часто поверхню пігментів модифікують неорганічними або органічними сполуками. Поверхневу модифікацію також використовують для поліпшення змочування пігменту плівкоутворювачем. Крім того, важливу роль відіграє розмір часток пігменту. Дрібні пігменти підвищують в'язкість розплаву сильніше, ніж великі. Розмір частинок використовуваних пігментів також впливає на блиск і хімічну стійкість порошкових покриттів. Слід зазначити, що деякі високоякісні органічні пігменти також можуть бути використані для отримання порошкових ЛФМ.

До пігментів, що застосовуються в порошкових ЛФМ, висуваються такі вимоги:

- термічна стабільність при гарячій сушці;
- якомога менше підвищення в'язкості розплаву;
- відсутність взаємодії з іншими компонентами ЛФМ;
- стабільність до зсувних зусиль, що виникають при екструзії і помелі.

В якості неорганічних пігментів використовують: діоксид титану, оксид заліза, пігменти на основі хрому та свинцю, сажа і ін.). Проте в сучасних умовах виробництва європейське законодавство забороняє застосовувати в рецептурах порошкових фарб пігменти на основі хрому та свинцю.

Слід також зазначити, що під час виготовлення порошкових покриттів температура затвердження становить близько 200 °C, що є вище, ніж для більшості рідких ЛФМ. Тому для пігментації порошкових фарб придатні тільки ті неорганічні пігменти, які завдяки технології виготовлення мають підвищену термостійкість. Неорганічні пігменти з меншою термостійкістю,

що розщеплюються при високих температурах зі зміною кольору, можна стабілізувати поверхневою обробкою неорганічними сполуками. Так, на поверхню частинок жовтого оксиду заліза наносять фосфат алюмінію. Це забезпечує уповільнення процесів деструкції і конверсії, що призводить лише до незначної зміни кольору порошкових покриттів. Модифікація поверхні неорганічних пігментів крім підвищення термостабільності може впливати ще на цілий ряд властивостей пігментів. Для поверхневої обробки титанових пігментів найбільш часто застосовується триоксид алюмінію, діоксид кремнію і оксид цирконію. Це призводить не тільки до збільшення термостійкості, але і значно підвищує світлостійкість та атмосферостійкість пігментованих порошкових фарб. З органічних сполук для поверхневої модифікації діоксиду титану найчастіше застосовують спирти, аліфатичні аміноспирти і силосанові масла. Ці сполуки впливають на диспергування пігменту, що призводить до кращого розподілу у відповідному середовищі і сприятливо впливають на оптичні властивості порошкових фарб: покриваність, глянець, глибину кольору та розбілювальну здатність. В даній роботі використано неорганічні пігменти виробництва компанії «Basf».

Функціональні добавки. Через відсутність рідких розчинників в складі ПФ, їх розплави мають досить високий поверхневий натяг, що може проявлятися на якості порошкового покриття. Тому, в основному використовується добавки реологічної дії та ті, які сприяють отриманню щільної структури, зменшенню дегазації покриття запобігаючи утворенню дефектів. В якості добавки реологічної дії використано агент ResiflowPV88 компанії Estronchemical в кількості 1 % від маси порошкових фарб. В якості дегазатора використано бензоїн виробництва Estronchemical в кількості 0,6 % від маси порошкових фарб.

Склади порошкових фарб

Рецептури порошкових поліефірних фарб кольору Ral 7040 були розроблені та випущені на сучасних технологічних лініях ТОВ «Лаковер». Використано наступні склади порошкових фарб:

Склад №1:

- Плівкоутворювач (Crylcoat 2441-3T): 50-60 %
- Затверджувач TGIC: 4-5 %
- Наповнювач: 15-20 %
- Пігменти: 10-20 %
- Функціональні добавки: 1-2 %

Склад №2:

- Плівкоутворювач (Crylcoat 2618-3): 60-65 %
- Затверджувач Primid XL 552: 3-4 %
- Наповнювач: 15-20 %
- Пігменти: 10-20 %
- Функціональні добавки: 1-2 %

Технологія виробництва порошкової фарби

Загальна технологічна схема виробництва порошкових фарб на заводі ТОВ «Лаковер» представлена на рис. 2.

Технологічний процес виробництва порошкових фарб складається з 5 операцій:

- дозування гранульованих плівкоутворюючих смол, порошкоподібних наповнювачів, пігментів та функціональних добавок в порошкову композицію;
- змішування віддозованої суміші в міксерах роторного типу;
- гомогенізація в термостатних шнекових змішувачах (екструдерах) з видавлюванням і нарізкою так званих «чіпсів». Температура суміші досягає 80-120 °C;
- подрібнення чіпсів, отриманих в екструдері, на спеціальних млинах;
- фасування й упакування порошкової фарби.

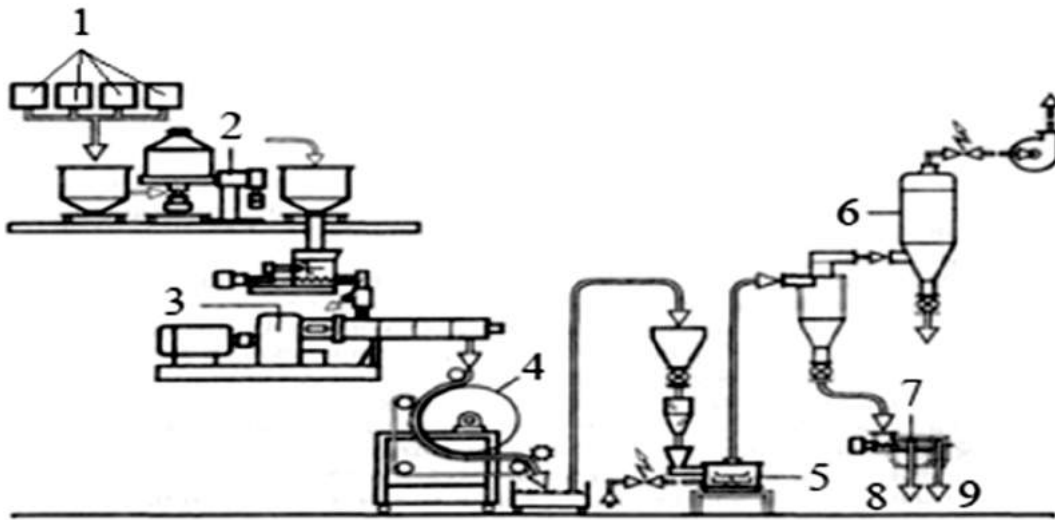


Рис. 2. Технологічна схема виробництва порошкової фарби заводу ТОВ «Лаковер».

1 – бункери сировинних матеріалів (смола, пігменти, наповнювач та ін.), 2 – попередній змішувач, 3 – двухшнековий екструдер, 4 – барабани охолодження, 5 – молотковий млин, 6 – пиловловлюючий фільтр, 7 – віброрито, 8 – вихід для порошку, виготовленого згідно специфікації, 9 – відсів (залишок).

Дозування сировинних матеріалів виконується на ділянках складу, де сировина дозується згідно заданої рецептури та транспортується до змішувача роторного типу. Змішування виконується в міксері за заданим режимом. Для запобігання перегріву суміші на змішувальну голівку міксера подається охолоджуюча вода.

Після цього готова суміш (шихта) в контейнерах транспортується на ділянку екструзії. В екструдері при безперервному режимі відбувається приготування розплаву фарби: шихта подається шнеком і проходить з регульованою швидкістю зони нагріву, та перемішується до однорідного стану шнеком екструдера. При цьому не відбувається ніяких хімічних реакцій і виділення газоподібних продуктів. Використовувані олігомери здатні до плавлення без розкладання, дозволяють розплавляти композицію в екструдері так, щоб відбулося утворення полімерної сітки. Крім того, полімер в розплаві не повинен спікатися. Змішування в розплавах проводиться при температурі рівня температури пливкості плівкоутворювача. При цьому пігментні частинки змочуються і проникають всередину частинок плівкоутворювача, створюючи однорідну макро і мікроструктури ще до стадії плівкоутворення. Диспергування пігментів при виробництві порошкових матеріалів проводиться в екструдерах. Спроби використання інших видів обладнання не виправдали себе.

Головною частиною екструдера є шнек, що обертається в циліндричному корпусі (рис. 3). Шнек захоплює з живильного бункера суху суміш, що складається з плівкоутворювача, затверджувача, наповнювача, пігмента і функціональних добавок, пропускає її через циліндричний корпус, розплавляючи і змішуючи (перетираючи) її в міру просування. У промисловості порошкових фарб використовуються два конкуруючих типи екструдерів: перший є двухшнековим екструдером з двома сполученими шнеками, що обертаються в одному напрямку, другий – одно-шнековий екструдер, в якому шнек періодично рухається назад-вперед. Шнеки двухшнекового екструдера додатково обладнані спеціальними молотками, що перетирають суміш. В одношнековому екструдері змішання відбувається через складність форми і характер руху шнека в поєднанні зі спеціальними виступами, розташованими на внутрішній стінці направляючої ламелі.

Основна операція в екструдері – диспергування компонентів, що проводиться при температурі 90-120 °С та в'язкості 103-105 Па·с протягом 50-160 секунд, з чітко регульованою системою обігріву. Максимальна температура розплаву повинна бути на 30 °С нижче температури затвердіння порошкового матеріалу, середній час перебування не має перевищувати час, необхідний для диспергування. Даний спосіб виробництва порошкових матеріалів дозволяє покращити дисперсність, скоротити час змішування і зменшити небезпеку передчасного затвердіння порошку.

Після диспергування компонентів гарячий розплав видавлюється з розвантажувального отвору екструдера і стікає на охолоджуючі циліндри (вали) безперервного охолодження. Проходячи між двома циліндрами, розплав розкочується до виду стрічки товщиною 0,5-1,5 мм, остигає і переходить в твердий стан. Далі охолоджена стрічка через стрічковий транспортер подається на дробарку, де відбувається її подрібнення до стану лусочок (чіпсів) розміром 10x10 мм. Прийняття остаточного розміру і виду порошкова фарба приймає в системі подрібнення.

Оптимальний середній розмір частинок порошкової фарби після помелу зазвичай становить 30-50 мкм. При цьому 100 % виготовленої фарби повинна проходити через сито 100 мкм, більш 50 % через сито 45 мкм і крізь сито 10 мкм має йти не більше 10 %. Надлишковий помел не рекомендується. Тому в подрібненні використовуються ударні млини (молоткові, роторні і т.п.). Кульові і інші млини, що працюють за принципом роздавлювання і стирання не застосовуються.

Подрібнення чіпсів відбувається на установці, до складу якої входять:

- турбовентилятор;
- імпульсний млин-класифікатор;
- циклон з системою розвантажувальних шлюзів;
- система тонкого очищення.

Турбовентилятор створює регульований потік повітря, за допомогою якого чіпси переносяться в млин-класифікатор, що працює за принципом ударно-відцентрового подрібнення. Далі потік повітря направляє розмелений продукт в циклон і далі, через си-

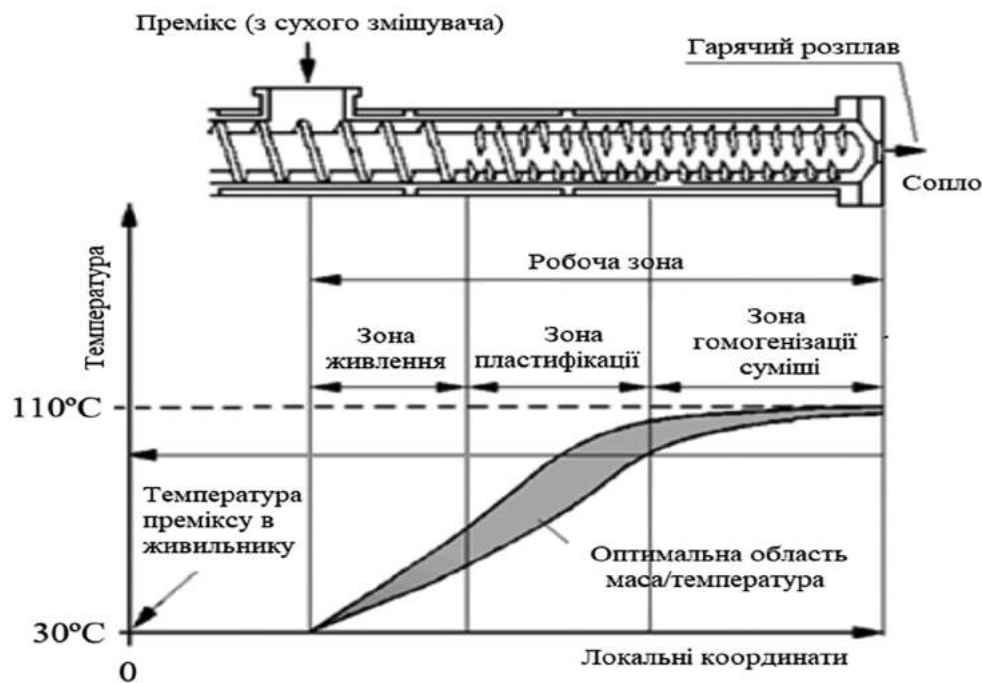


Рис. 3. Діаграма температур диспергування порошкового матеріалу в двухшнековому екструдері

стему розвантажувальних фільтрів, на вібросито. На ситі велика фракція частинок відсіюється і повертається на повторний помел в млин, а товарна фракція продукту подається на фасування. Повітря з циклону, що містить порошковий пил, надходить в систему тонкого очищення. Вона складається з декількох рукавних фільтрів, розташованих в одному корпусі. Проходячи через рукавні фільтри, порошковий пил осідає на їх поверхні, а очищене повітря викидається в атмосферу. Пил з фільтрів накопичується в пиле-приймачі і звідти надходить в поліетиленові мішки. Мішки замінюються по мірі наповнення. Пил накопичений в достатній кількості використовують в подальшому як наповнювач для наступних партій фарби, що забезпечує майже 100 % утилізацію відходів.

Властивості покриттів з розроблених порошкових фарб

Декоративно-захисне покриття з розроблених порошкових фарб, проявляє високі деформаційні та пружні властивості, які не поступаються властивостями порівняно з ЛФМ: стійкість до прямого удару становить 100 см/кг (ЛФМ – 90 см/кг), стійкість

до зворотного удару ≥ 50 см/кг (РЛФМ – ≥ 30 см/кг), адгезія з металевими будівельними виробами відповідає класу Gt0. Декоративно-захисне порошкове покриття проявляє високі показники стійкості до дії сольового туману: після випробування протягом 2000 годин в камері сольового туману (5 % NaCl) вони зберігають 80 % вихідної міцності і 75 % відносного подовження при розриві, що свідчить про їх високу корозійну стійкість.

Висновок

Таким чином, результати аналізу свідчать про те, що технологія виробництва декоративно-захисних покриттів на заводі ТОВ «Лаковер» є мало затратною, відходи що утворюються під час виробництва підлягають майже 100 % рециклінгу, при виробництві не використовуються розчинники та інші летючі речовини. При цьому, за ключовими властивостями покриттів порошкові лакофарбові матеріали не поступаються РЛФМ в забезпеченні довговічності будівельних металевих виробів, що свідчить про їх високу ефективність використання в будівельних металевих виробках.

Література:

- Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін. – К.: ТОВ УВПК "ЕксОб", 2004. – 704 с.
- Свидерский В.А. Состояние, структура и перспективы развития рынка лакокрасочной продукции в Украине / В.А. Свидерский, Т.А. Караваев. – Киев, 2010. – Вып. № 9. – С. 8 – 16.
- De Lange, P. A. History of Powder Coating / P. De Lange. – Paint & Coatings Industry Magazine Available, 2004. – Vol.2. – pp.16 – 24.
- Richart, D.S. Powder Coating – Past, Present and Future: A Review of the State of the Art / D.S. Richart, Powder Coating, 1990. – Vol.1. – pp. 16 – 24.
- Maty, J. 90 Years with PCI: A Retrospective / J. Maty, Paint & Coatings Industry Magazine, 2004. – pp. 28 – 29.
- Kiefer, S.L. Powder Coating Material Developments Promise New Opportunities for Finishers / S.L. Kiefer, Metal Finishing, 2004. – pp. 35-37.
- Misev, T.A. Powder Coatings Technology: New Developments at the Turn of the Century / T.A. Misev, R. Van der Linde, Progress in Organic Coatings, 1998. – Vol. 34. – pp. 160 – 168.
- Яковлев А.Д. Порошковые краски. Технология покрытий / А.Д. Яковлев. Химиздат, Санкт-Петербург, 2001. – 256 с.
- Wicks Z.W. Organic Coating, Science and Technology / Z.W. Wicks, F.N. Jones, Wiley&Sons, 1992. – 544 p.
- Брок Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, Пэйнт-Медиа, Москва, 2007. – 548 с.