

УДК 667.6

ПОРОШКОВЫЕ ПОЛИЭФИРНЫЕ КРАСКИ: СОСТАВ, ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ

Т. Н. КУХТА¹⁺, Н. Р. ПРОКОПЧУК²¹ РУП «Институт БелНИИС», ул. Ф. Скорины, 15Б, 220114 г. Минск, Беларусь.² УО «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, 220050 г. Минск, Беларусь.

Рассмотрены преимущества порошковых красок перед жидкими, содержащими органические растворители. Обоснован выбор основных компонентов, входящих в состав красок: пленкообразующих, отвердителей, пигментов, наполнителей, функциональных добавок, улучшающих текучесть расплава, дегазирующих элементов. Разработаны рецептуры отечественных порошковых красок, выпущенных на технологической линии ЧУП «МАВ» и содержащих: пленкообразователь (55–61 мас.%); отвердители (5–7 мас.%); пигменты и наполнители (33–40 мас.%), функциональные добавки (0,5–1,5 мас.%), агент текучести (1 мас.%); дегазирующий агент (0,4 мас.%). Описана технология производства разработанных порошковых красок на ЧУП «МАВ» и основные эксплуатационные свойства покрытий на их основе.

Введение

Порошковые краски (ПК) к настоящему моменту получили широкое признание во всем мире, что свидетельствует об успешном развитии этой технологии в течение последних 15–20 лет [1].

Доля порошковых ПК в лакокрасочной продукции промышленного назначения в ряде европейских стран достигает 15–18% [2].

Быстрые темпы развития производства ПК, по сравнению с жидкими, свидетельствуют об их важности, большой значимости и перспективности. ПК не только не уступают жидким ЛКМ по технологичности, удобству применения и эксплуатационным характеристикам покрытий, но во многом превосходят их. Вместе с тем, очевидно, что за относительно короткий период своего развития (несколько десятков лет) современные порошковые ЛКМ не исчерпали все возможности совершенствования рецептур и расширения ассортимента, а также модернизации технологии их производства и нанесения [3].

Технология покрытий с применением порошковых красок по сравнению с окрашиванием жидкими материалами имеет много преимуществ:

- порошковые краски поставляются потребителю в готовом к применению виде. Не требуется их подготовка, смешение, разбавление, перемешивание, регулирование вязкости;

- получение покрытий, как правило, ограничивается однослойным нанесением, в то время как

жидкие краски требуют нанесения нескольких слоев, цикл производства покрытий дольше;

- легко обеспечивается утилизация краски и почти полный ее возврат в производственный цикл. Тем самым достигается более высокая экономичность производства;

- снижаются энергозатраты на производство покрытий в связи с отсутствием растворителей (не требуется энергия на испарение растворителей, снижаются расходы на вентиляцию);

- обеспечивается возможность механизации и полной автоматизации процесса производства покрытий, что позволяет уменьшить численность персонала и экономить производственные площади;

- обычно достигается более высокое качество покрытий и лучшие эксплуатационные свойства.

В настоящее время в промышленности с точки зрения технологии, экономики, экологии порошковым лакокрасочным материалам практически нет альтернативы.

Многочисленные успешно проводимые исследования в области порошковых материалов, покрытий и разработка более совершенного оборудования будут способствовать дальнейшему ускоренному продвижению новой технологии и расширению областей ее использования. Если изначально порошковое окрашивание использовалось лишь для нанесения декоративно-защитного покрытия на металлические изделия, то сегодня по новой технологии успешно окрашивается дерево,

+ Автор, с которым следует вести переписку.

МДФ, керамика, пластмасса, стекло, гипс и другие материалы. Благодаря этому в последние годы порошковая окраска выходит на первые роли среди всех технологий нанесения лакокрасочного покрытия [4].

Согласно данным, которые приводятся в специальной литературе, для производства порошковых ЛКМ в ближайшие годы будут характерны довольно высокие темпы прироста – 5–7% в год (для других лакокрасочных изделий – 1–2%). Наибольшая доля мирового потребления порошковых красок (более 560 тыс. т) – приходится на Западную Европу (34,4%), далее следуют страны Тихоокеанского региона (более 27,5%) и США (более 23%).

Основные производители порошковых красок – это Западная Европа, США, КНР, Индия, Турция, РФ, Греция. Россия потенциально может войти в тройку лидеров, а КНР и США могут выйти на первые позиции.

Ведущими производителями порошковых ЛКМ являются фирмы Teknos, Akzo Nobel, Inver, Pulver, Jotun, Marpol, Color, Amika, Neo.

В связи с мировой тенденцией замены типичных ЛКМ на более совершенные и новые материалы возникла необходимость производства порошковой краски в Республике Беларусь.

Среди объективных и субъективных причин, обуславливающих отсутствие национального производителя порошковой краски в Республике Беларусь, можно назвать следующие:

- высокая стоимость оборудования и используемых в процессе производства материальных ресурсов;

- специфичность используемого сырья;
- отсутствие высококвалифицированных кадров в области промышленной химии.

В связи с отсутствием отечественного производства порошковых красок промышленные предприятия удовлетворяют свои потребности за счет импорта из Западной Европы и России (ОАО «Атлант», РУП «МАЗ», РУП «МТЗ», ОАО «Могилевлифтмаш», ПРУП «Кричевцементношифер» и др.).

Однако, уже с 2012 года ЧУП «МAB» (Республика Беларусь) начало производство порошковых красок.

Цель работы – обосновать выбор компонентов и разработать рецептуры отечественных полиэфирных порошковых красок, покрытия из которых по металлу, шиферу будут отличаться повышенной атмосферостойкостью и долговечностью, улучшенными деформационно-прочностными свойствами.

Основными компонентами, входящими в состав порошковых красок являются: пленкообразующие вещества (полиэфирные олигомеры, отвердители); пигменты и наполнители; функциональные добавки.

Обычно наполнители составляют до 40% массы порошковой краски. Смолы составляют 45–

70% массы. Пигменты – не более 4–5%, и только в белых порошковых красках используется 15–30% пигмента – диоксида титана.

При подборе компонентов для разработки рецептуры полиэфирной порошковой краски (ППК) учитывали опыт создания и совершенствования этого вида ЛКМ (патентная проработка, анализ доступной литературы) [5–17]. Пленкообразующую систему выбирали с учетом необходимых эксплуатационных свойств ППК, пигменты – с учетом декоративных требований, добавки – на основании рекомендаций по их целевому применению.

Обоснование выбора компонентов краски

1. Пленкообразователи

В качестве пленкообразователей для порошковых полиэфирных ЛКМ используют термоотверждаемые олигомеры. При выборе олигомера следует учитывать, что у химически отверждающихся пленкообразователей должно быть точно сбалансировано соотношение температуры стеклования, средней молекулярной массы, средней функциональности и реакционной способности. Они должны позволять расплавить композицию в экструдере так, чтобы в этот момент не произошло образования полимерной сетки. Кроме того, олигомер в расплаве не должен спекаться, образовывать агломераты при хранении. При горячей сушке олигомер должен плавиться таким образом, чтобы расплав, растекаясь по поверхности, образовывал пленку хорошего качества до завершения реакции отверждения. Поэтому в качестве пленкообразователей для порошковых ЛКМ целесообразно использовать аморфные полимеры с температурой стеклования 40–50 °С и высокой молекулярной массой, содержащие функциональные группы, за счет взаимодействия которых при высокой температуре протекает отверждение порошковых материалов.

Крупнейшими мировыми производителями полиэфиров для производства порошковых красок являются: UCB (Бельгия), DSM (Голландия), Reichhold (Германия), Vianova Resins, Eastman (США), Akzo Nobel (Нидерланды), INTERCHEM HELLAS (Греция), CYTEC (Италия). В России и Беларуси полиэфирные смолы не производятся.

На рынке представлены полиэфирные смолы под торговыми марками Albester (Hexion Specialty Chemicals), Crylcoat (CYTEC), Uralac (DSM), PULLVEROL (INTERCHEM HELLAS).

Отвердители в ПК используются для структурирования смолы при данной температуре. Отвердители не должны вступать в реакции при комнатной температуре. Обычно, в качестве структурирующего агента используются амины, ангидриды и заблокированные изоцианаты.

Наиболее важными из применяемых в настоящее время пленкообразователей и их отвер-

дителей для порошковых красок являются системы: EP-SP карбоксилсодержащая полиэфирная смола + эпоксидная смола в качестве отвердителя; SP-TGIC (карбоксилсодержащая полиэфирная смола + отвердитель – триглицедилизоцианурат); SP-НАА (карбоксилсодержащая полиэфирная смола + отвердитель – гидроксиалкиламид); AC-PUR (гидроксилсодержащая акриловая смола + изоцианатный аддукт в качестве отвердителя).

На протяжении многих лет, при производстве атмосферостойких, устойчивых к мелению порошковых покрытий, хорошо зарекомендовали себя содержащие свободные карбоксильные группы полиэфирные смолы в сочетании с TGIC (SP-TGIC системы) [5].

Предполагают, что TGIC обладает мутагенным действием, поэтому во многих странах данный отвердитель не используется. Учитывая данный факт и то, что одной из современных тенденций развития промышленности полиэфирных порошковых красок является стремление к уменьшению содержания отвердителя в рецептуре, четырехфункциональный гидроксиалкиламид, открывает для этого лучшие возможности по сравнению с трехфункциональным TGIC. Покрытия из такой краски обладают отличной атмосферостойкостью и устойчивостью к мелению.

В работе для исследований использовали полиэфирные смолы: Crylcoat 2618-3 и 2441-3 фирмы CYTEC (Италия); Sirales PE 7810 фирмы SIR INDUSTRIALE (Италия). В качестве отвердителей COOH-содержащих полиэфиров Crylcoat 2618-3 и Sirales PE 7810 использовали гидроксиалкиламид марки Primid XL 552 фирмы EMS Chemicals (Швейцария), для полиэфирной смолы Crylcoat 2441-3 – триглицедилизоцианурат, поставляемый под торговым наименованием Araldite PT 810 фирмой Huntsman (Швейцария). Свойства смол представлены в таблице.

Свойства смол

Показатель	Значение		
	Crylcoat 2618-3	Crylcoat 2441-3	SIRALES PE 7810
Внешний вид	Бледные (неяркие) зерна		
Блеск, 20°/60°, %	89/95	89/95	89/95
Вязкость по Брукфильду, 200 °С, мПа·с	2800–3400	4000–5200	2750–4750
Цвет, b-значение	мак. 10	мак. 15	мак. 3
Кислотное число (мг KOH/г)	30–35	30–35	30–38
Температура стеклования, °С	61	67	61

2. Отвердители

В качестве отвердителей нами были выбраны следующие материалы.

Триглицедилизоцианурат марки Araldite PT 810 – белый порошок, температура плавления 80–102 °С, эпоксидное число 9,0–9,3, в расплавленном состоянии имеет низкую вязкость (при 120 °С) –

0,08 Па·с. Продукт стабилен при хранении; вводят в полиэфиры из расчета по числу функциональных групп (обычно 5–11 ч. отвердителя на 100 ч. смолы).

Гидроксиалкиламид марки Primid XL 552 – белый кристаллический порошок, температура плавления 80–102 °С, содержание воды макс. 1%, гидроксильное число (мгKOH/г) – 600–725.

Для проведения исследований были приготовлены три образца смесей:

– образец 58/2 – смесь карбоксильной полиэфирной смолы (Sirales PE 7810) с гидроксиалкиламидным сшивающим агентом в пропорции 95:5;

– образец 58/3 – смесь карбоксильной полиэфирной смолы (Crylcoat 2618-3) с гидроксиалкиламидным сшивающим агентом в пропорции 95:5;

– образец 58/4 – смесь карбоксильной полиэфирной смолы (Crylcoat 2441-3) с триглицедилизоциануратным сшивающим агентом в пропорции 93:7.

В образце 58/2 полиэфир может быть использован с отвердителем примидом в пропорции 95:5 в режиме 180 °С/15 мин.

В образце 58/3 полиэфир может быть использован с отвердителем гидроксиалкиламидным в пропорции 95:5 в режиме 180 °С/10 мин.

В образце 58/4 полиэфир может быть использован с отвердителем триглицедилизоциануратным в пропорции 93:7 в режиме 200 °С/10 мин.

3. Пигменты

Столь же важным, как выбор наиболее подходящих смол и отвердителей, является выбор пигментов. Отметим, что в существующем производстве порошковых красок в отличие от жидких отсутствуют операции колерования, не контролируется и степень диспергирования пигментов. Она не предусмотрена как показатель в отечественных и зарубежных стандартах, возможно, потому что отсутствуют разработанные методы ее оценки [3]. Слабо реализуются и химические подходы к проведению процессов диспергирования (учет поверхностной активности пленкообразователей, использование диспергирующих агентов и др.). Для получения ПК применяют неорганические пигменты, так как они обладают необходимой термостойкостью при высоких температурах отверждения. Но некоторые из них подвергаются изменениям при воздействии высоких температур. Все это может вызвать изменение цвета ПК и морфологии ее частиц. Для предотвращения этих нежелательных явлений часто поверхность пигментов модифицируют неорганическими или органическими соединениями. Поверхностную модификацию также используют для улучшения смачивания пигмента пленкообразователем.

Кроме того, важную роль играет размер частиц пигмента. Мелкие пигменты повышают вязкость расплава сильнее, чем крупные. Размер частиц используемых пигментов также влияет на

блеск и химическую стойкость ПК.

Следует отметить, что некоторые высококачественные органические пигменты также могут быть использованы для получения порошковых ЛКМ.

К пигментам, используемым в порошковых ЛКМ, предъявляются следующие требования:

- термическая стабильность при горячей сушке;
- возможно меньшее повышение вязкости расплава;
- отсутствие взаимодействия с другими компонентами ЛКМ;
- стабильность к сдвиговым усилиям, возникающим при экструзии и размоле.

При производстве порошковых красок используют неорганические (диоксид титана, оксид железа, пигменты на основе хрома и свинца, сажа и т.д.), а также органические пигменты (фталоцианин, бензидин, бензимидазол, хинакридон и др.). В настоящее время европейское законодательство запрещает применять в рецептурах порошковых красок пигменты на основе хрома и свинца.

Для обычных порошковых ПК температура отверждения составляет около 200 °С, т.е. выше, чем для большинства жидких ЛКМ. Поэтому для пигментирования порошковых красок пригодны только те неорганические пигменты, которые благодаря технологии изготовления обладают повышенной термостойкостью. Неорганические пигменты с меньшей термостойкостью, расщепляющиеся при высоких температурах с изменением цвета, можно стабилизировать поверхностной обработкой неорганическими соединениями. Так, на поверхность частиц желтого оксида железа наносят фосфат алюминия. Это обеспечивает замедление процессов деструкции и конверсии, что приводит лишь к незначительному изменению цвета ПК. Модификация поверхности неорганических пигментов кроме повышения термостабильности может оказывать влияние еще на целый ряд свойств пигментов. Для поверхностной обработки титановых пигментов наиболее часто применяется триоксид алюминия, диоксид кремния и оксид циркония. Это приводит не только к увеличению термостойкости, но и значительно повышает свето- и атмосферостойкость пигментированных ПК. Из органических соединений для поверхностной модификации диоксида титана чаще всего применяют спирты, алифатические аминспирты и силосановое масло. Эти соединения влияют на диспергируемость пигмента, что приводит к лучшему распределению в соответствующей среде и благоприятно влияют на оптические свойства ПК, укрывистость, глянец, глубину цвета и разбеливающую способность.

Среди белых пигментов лидирующую позицию в производстве порошковых покрытий занимает диоксид титана. В настоящее время данный

продукт поставляют Кронос (Голландия), Кемира (Финляндия), Миллениум (Великобритания), Дюпонт (США).

Среди ближнего зарубежья крупным производителем диоксида титана является «Химпром» (г. Сумы, Украина). Производимая марка РО-2 обладает сравнительно невысокими свойствами по сравнению с диоксидом титана производства Голландии и Финляндии, поэтому украинский пигмент используется в рецептуре для снижения себестоимости ПК только в сочетании с более дорогостоящими марками Кемира и Кронос.

Среди черных пигментов для производства порошковых покрытий используется технический углерод (сажа) компании Дегусса (Германия). Продукты данной компании отличаются высокой интенсивностью цвета, дисперсностью.

Ведущими разработчиками и изготовителями широкого выбора пигментов для различных покрытий являются компании: Сибя (Швейцария); Клариант (Германия), Басф (Германия), более узкая номенклатура пигментов у компании «PRECHEZA a.s.» (Чехия). Вышеуказанные компании предлагают для порошковых покрытий органические и неорганические пигменты. Компания Бенда-Лютц (Австрия) производит металлические пигменты, включая алюминий, золото, бронзу и цинк. Данные продукты используются в производстве ПК различными методами.

Нами использовались пигменты различных цветов: белого, черного, зеленого, желтого, красного – производитель «PRECHEZA a.s.» (Чехия), со следующими характеристиками.

Пигмент железоксидный красный Fe_2O_3 . Содержание оксида железа в пересчете на Fe_2O_3 , % – 98,0; маслосъемность, г/100 г пигмента – 20,7; остаток на сите 45 мкм, % – 0,014; насыпная плотность, $кг/м^3$ – 640.

Пигмент железоксидный зеленый Cr_2O_3 . Содержание оксида хрома – 98%; маслосъемность, г/100 г пигмента – 20, остаток на сите 45 мкм, % – 0,45.

Пигмент железоксидный желтый ($FeOON$). Содержание оксида железа в пересчете на Fe_2O_3 , % – 86,5; маслосъемность, г/100 г пигмента – 34,9; остаток на сите 45 мкм, % – 0,05; насыпная плотность, $кг/м^3$ – 190.

Пигмент железоксидный черный $FeO Fe_2O_3$. Содержание оксида железа в пересчете на Fe_2O_3 , % – 97,0; маслосъемность, г/100 г пигмента – 18,8; остаток на сите 45 мкм, % – 0,017; насыпная плотность, $кг/м^3$ – 570.

Диоксид титана TiO_2 . Микронизированный рутильный пигмент, модифицированный Al_2O_3 . Содержание диоксида титана, % – 94; содержание рутила, % – 98,0; остаток на сите 45 мкм, % – 0,02; маслосъемность, г/100 г пигмента – 22,0.

Пигмент фталоцианиновый синий, производитель «Holliday Pigments» (Франция). Маслосъемность, г/100 г пигмента – 35–45; остаток на сите

45 мкм, % – 0,05; насыпная плотность, кг/м³ – 420–480.

Наибольшее распространение в качестве наполнителей получили бариты (BaSO₄), бланфикс (BaSO₄), кальциты (CaCO₃), доломиты [CaMg(CO₃)₂], слюда, тальк [H₂Mg₃(SiO₃)₄] и в качестве разбавителей – силикат алюминия (Al₂Si₃), литопон [ZnS + (BaSO₄)].

4. Наполнители

Каждый наполнитель обладает специфическими особенностями и тем самым придает ПК характерные свойства. Наполнители оказывают влияние на многие макроскопические характеристики ПК: растекаемость, отекание с кромок и углов, заполнение углублений, трещин и изгибов, ударопрочность и прочность на изгиб, блеск, химстойкость, укрывистость.

При разработке рецептуры в качестве наполнителя применяли осажденный сульфат бария Blanc Fixe HD-80 фирмы Solvay (Италия) со следующими характеристиками. Содержание сульфата бария, % – 99; остаток на сите 45 мкм, % – 0,004, белизна, % – 98.

В полученных рецептурах порошковых красок процентное соотношение пигментной части и наполнителя имеет соотношение: зеленая – пигмент: наполнитель = 6,3:33; красная – пигмент: наполнитель = 3:30; синяя = пигмент: наполнитель = 7:33; белая: – пигмент: наполнитель = 30:5; черная: – пигмент: наполнитель = 1,2:33,8.

5. Спецдобавки

Из-за отсутствия растворителей в составах ПК, их расплавы имеют довольно высокое поверхностное натяжением, что может отражаться на качестве полимерного покрытия. Добавки, контролируемые розлив порошковой краски, улучшают не только текучесть, но и внешний вид, препятствуют образованию дефектов. Обычно это высоковязкие жидкости на основе полиакрилатов, вводимые перед выгрузкой реактора. Иногда их адсорбируют при помощи тонкодисперсного кремнезема и в таком виде добавляют непосредственно на стадии предварительного смешения. Концентрация этих добавок 1–2% [6–17].

В рецептуре использовали в качестве агента текучести добавку Modaflow® Powder 6000 фирмы «СУТЕС» (Италия) в количестве 1%.

В качестве дегазирующего агента использовали бензоин, производитель CAFFARO (Италия) в количестве 0,4 мас. %.

Порошковые краски с «молотковым» эффектом получают путем введения в рецептуру специальных добавок, вызывающих образование многочисленных кратеров. Как правило, это достигается также в присутствии алюминиевого пигмента. Для получения различного вида рельефов (покрытий с эффектом «апельсиновой корки», «молотковых» и т.п.) применяются добавки марки

Ceraflour 967, 968, 969, 996 фирмы ВУК-Cera (Нидерланды), а также дающий неизменно стабильные результаты ацетобутират целлюлозы САВ-551-0.2 фирмы Eastman Chemicals (США).

Матовость порошковой краски обеспечивается в результате возникновения эффекта несовместимости при отверждении двух фаз:

– при смешении двух порошковых композиций различной реакционной способности;

– при добавлении специальных добавок или отвердителей, действующих по двойному механизму отверждения.

Для этих целей используют поликарбокисильные соли циклоамидинов. Для получения матовых покрытий в состав краски вводят полимерные воски производства ВУК-Chemie, либо специальные матирующие отвердители Vestagon В 68 (фирма Degussa-Huls, Германия) или Casamid (фирма Thomas Swan, Великобритания) [6].

Рецептуры разработанных порошковых красок

Экспериментальные партии полиэфирной порошковой краски разных цветов были выпущены на технологической линии ЧУП «МАВ». Использовались составы порошковых красок, включающие (мас. %): пленкообразователь (55–61); отвердители (5–7); пигменты и наполнители (33–40); функциональные добавки (0,5–1,5); агент текучести (1) и бензоин (0,4).

Выбор технологических параметров производства порошковых красок

Общая технологическая схема производства порошковых красок представлена на рис. 1.

Технологический процесс производства ПК состоит из 5 операций:

– дозирование гранулированных пленкообразующих смол, порошкообразных наполнителей и пигментов в порошковую композицию;

– смешивание дозированной смеси в миксерах роторного типа;

– гомогенизация в термостатируемых шнековых смесителях (экструдерах) с выдавливанием и нарезкой так называемых «чипсов». Температура смеси достигает 80–120 °С.

– измельчение чипсов, полученных в экструдере, на специальных мельницах;

– фасовка и упаковка ПК.

Дозирование сырья выполняется на участках малого и большого приемников. Сначала на малом премиксе получается сухая смесь компонентов ПК, содержание которых в рецептуре незначительно. Далее смесь подается в большой премикс. В определенной последовательности с контролем на весах основные компоненты краски пересыпаются из бункеров в контейнер, который переводится на участок смешения.

Смешение выполняется в миксере по заданному режиму. Для исключения перегрева смеси на

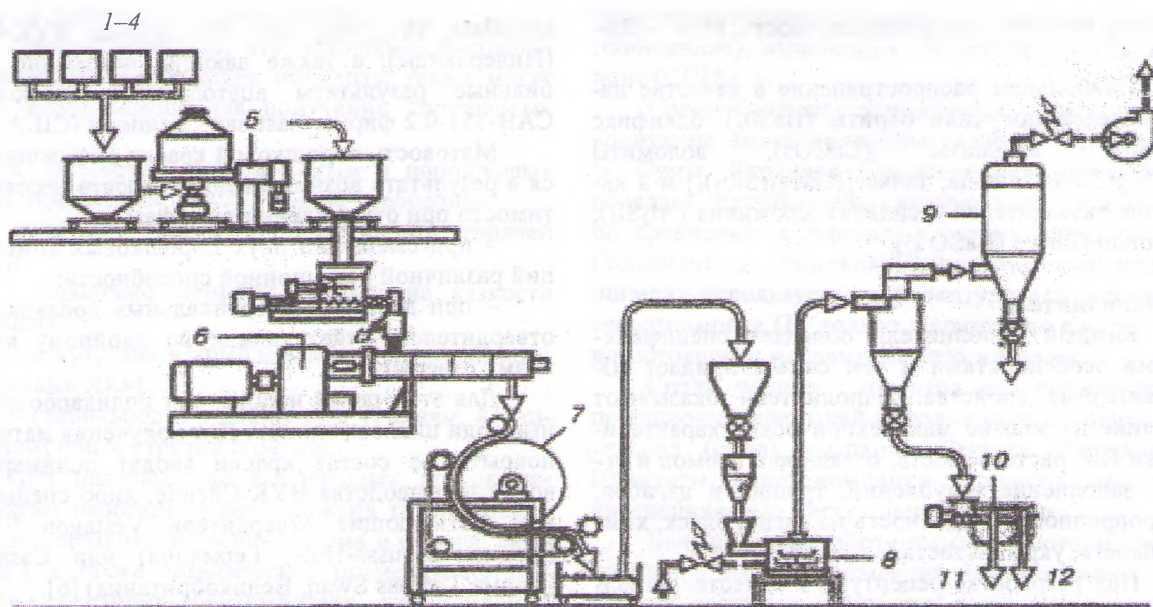


Рис. 1. Технологическая схема производства порошковых красок: 1-4 – бункеры для исходного сырья (смолы, пигменты, отвердителя, других добавок); 5 – миксер; 6 – экструдер; 7 – охлаждающий барабан; 8 – дробилка; 9 – фильтр; 10 – вибрсито; 11 – готовая краска на упаковку; 12 – краска на дополнительное дробление

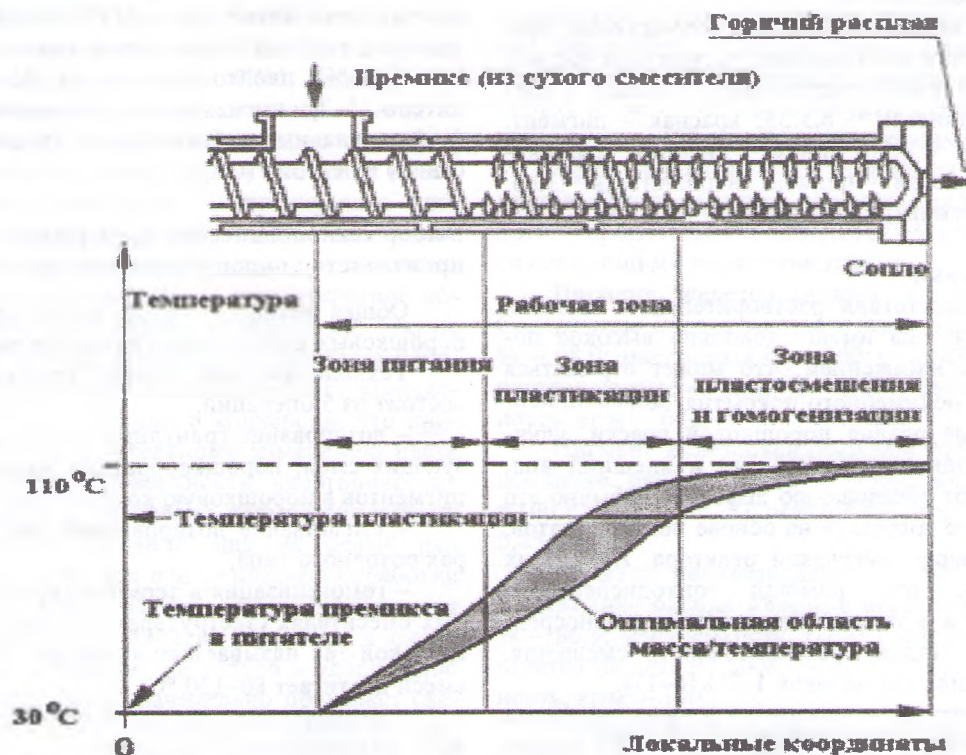


Рис. 2. Диаграмма профиля температур при диспергировании порошкового материала в одношнековом экструдере

смесительную головку миксера подается охлаждающая вода. Готовая смесь (шихта) в контейнерах переводится на участок экструзии. В экструдере в непрерывном режиме получается расплав краски: шихта подается шнековым питателем и проходит с регулируемой скоростью зону обогрева, перемешивается до однородного состояния шнеком экструдера. При этом не происходит никаких химических реакций и выделения газообразных продуктов.

Используемые олигомеры способны к плавлению без разложения, позволяют расплавлять композицию в экструдере так, чтобы в этот момент не произошло образования полимерной сетки. Кроме того, полимер в расплаве не должен спекаться.

Смешение в расплавах производится при температуре несколько выше температуры текучести пленкообразователя. При этом пигментные частицы смачиваются и проникают внутрь частиц

пленкообразователя, создавая более однородные макро- и микроструктуры еще до стадии пленкообразования.

Диспергирование пигментов при производстве порошковых материалов производится практически только в экструдерах (червячных смесителях). Попытки использования других видов оборудования не оправдали себя.

Главной частью экструдера является шнек, вращающийся в цилиндрическом корпусе (рис. 2). Червяк захватывает сухую смесь «пленкообразователь–пигмент–наполнитель» из питающего бункера и пропускает ее через цилиндрический корпус, расплавляя и смешивая (перетирая) ее по мере продвижения. В производстве ПК используются два конкурирующих типа экструдеров: первый является двухшнековым экструдером с двумя совмещенными шнеками, вращающимися в одном направлении, второй – одношнековый экструдер, в котором шнек периодически двигается назад – вперед (т.н. смеситель со – compounder).

Червяки двухшнекового экструдера дополнительно оснащены перемешивающими дисками. В одношнековом экструдере смешение происходит из-за сложной формы и характера движения шнека в сочетании со специальными выступами, расположенными на внутренней стенке цилиндра.

Основная операция – горячее смешение компонентов проводится при температуре 90–120 °С, вязкости 10^3 – 10^5 Па·с в течение 0,5–5,0 мин в аппаратах непрерывного действия – экструдерах, двухчервячных шнековых смесителях, с четко регулируемой системой обогрева. Максимальная температура расплава должна быть на 20 °С ниже температуры отверждения порошкового материала, среднее время пребывания не должно превышать время, необходимое для диспергирования.

Данный способ производства порошковых материалов позволяет резко улучшить дисперсность, сократить время смешивания и уменьшить опасность преждевременного отверждения порошка. Дисперсность частиц пигмента составляет от 1 до 20 мкм.

Горячий расплав выдавливается из разгрузочного отверстия экструдера и стекает на охлаждающие цилиндры (валики) системы непрерывного охлаждения. Проходя между двумя цилиндрами, сплав раскатывается до вида ленты толщиной 0,5–1,5 мм, остывает и переходит в твердое состояние. Далее охлажденная лента через ленточный транспортер подается на дробилку, где происходит ее размельчение до состояния чешуек (чипсов) размером 10×10 мм. Окончательный размер и вид чипсы принимают в системе измельчения.

Оптимальный размер частиц порошковой краски после помола обычно составляет 30–40 мкм, при этом 100% должно проходить через сито 100 мкм, более 50% через сито 45 мкм и сквозь сито 10 мкм должно уходить не более 10%. То

есть переизмельчение не желательно. Поэтому в измельчении используются ударные мельницы (молотковые, роторные и т.п.). Шаровые и другие мельницы, работающие по принципу раздавливания и истирания, не допустимы.

Измельчение чипсов происходит на установке, в состав которой входят:

- турбовентилятор;
- импульсная мельница-классификатор;
- циклон с системой разгрузочных шлюзов;
- система тонкой очистки.

Турбовентилятор создает регулируемый поток воздуха, посредством которого чипсы переносятся в мельницу-классификатор, работающую по принципу ударно-центробежного измельчения. Далее поток воздуха направляет размолотый продукт в циклон и далее, через систему разгрузочных фильтров, на вибросито (для разных ПК размер ячейки вибросита может быть свой). На сите крупная фракция частиц отсеивается и возвращается на повторный размол в мельницу, а товарная фракция продукта подается на фасовку.

Из циклона воздух, содержащий порошковую пыль, поступает в систему тонкой очистки. Она представляет собой несколько рукавных фильтров, расположенных в одном корпусе. Проходя через рукавные фильтры, порошковая пыль осаждается на их поверхности, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. Пыль из фильтров накапливается в пылесборнике и оттуда поступает в полиэтиленовые мешки. Мешки заменяются по мере наполнения.

Свойства пленок и покрытий из разработанных порошковых красок

Как показали испытания, неадгезированные пленки из разработанных ПК имеют деформационно-прочностные и упругие свойства, не уступающие свойствам лучших мировых аналогов: прочность на разрыв 25–27 МПа, относительное удлинение при разрыве 2,3–2,5%, модуль упругости 1800–2000 МПа. Пленки различных цветов обладают также необходимым климатической стойкостью: после экспозиции в течение 100 циклов в климатической камере «Feutron» они сохраняют 65% исходной прочности и 72% относительного удлинения при разрыве [18].

Показано, что пленки из порошковых красок различных цветов разрушают практически с одинаковой энергией активации термоокислительной деструкции, равной 140 ± 2 кДж/моль. Нами разработан экспресс-метод оценки долговечности покрытий из порошковых красок, учитывающий воздействие на них основных эксплуатационных разрушающих факторов [19]. Проведенные эксперименты и расчеты показали, что долговечность покрытий по металлу и шиферу из порошковых красок, разработанных нами и произведенных ЧУП «МАВ» составляет 12–16 лет в климатических условиях РБ. Такая долговечность по-

крытий соответствует европейским стандартам на защитные покрытия из порошковых красок.

Выводы

Разработаны рецептуры отечественных порошковых красок, содержащие: пленкообразователь (карбоксильные полиэфирные смолы марок Siraless PE 7810 или Crilcoat 2618 в количествах 55–61 мас.%), отвердитель (гидроксиламид марки Primid XW 552 или триглицидилизоцианурат марки Arabel PT 810 5–7 мас.%); пигменты различных цветов (железооксидный красный, желтый, черный; оксид хрома зеленый; диоксид титана белый) производства «PRECHEZA a.s.» (Чехия), а также фталоцианиновый синий производства «Holliday Pigments» (Франция). Наполнители (бариты, кальциты, доломиты, литопон), общее содержание пигментов и наполнителей 30–40 мас.%. Функциональная добавка (агент текучести Modaflow® Powder 6000 «CYTEC» (Италия) – 1 мас.%) и дегазирующий агент бензоин фирмы CAFFARO (Италия) – 4 мас.%.

Выпущены опытные партии порошковых красок на технологических линиях ЧУП «МАН», которые прошли успешные испытания на предприятиях РБ. Детально изложена новая для Беларуси технология производства порошковых красок. Показано, что покрытия по своим эксплуатационным свойствам соответствуют европейским нормам качества.

Литература

1. Solutions without solvents and the Radcure alternative // J. Oil Colour Chem. Assoc. (JOCCA). – 1992. – № 12. – P. 469–475.
2. Ridge J. Europ Coat. J. – 2007. – № 2. – P. 18–19.
3. Яковлев, А.Д. Актуальные вопросы технологии порошковых лакокрасочных материалов и покрытий / А.Д. Яковлев // ЛКМ. – 2004. – № 4. – С. 2–24.
4. Яковлев, А.Д. Порошковые краски. Технология покрытий / А.Д. Яковлев; пер. с англ. – СПб: «Промкомплект», Химиздат, 2001. – 256 с.
5. Современные порошковые лакокрасочные материалы // ЛКМ. – 2004. – № 1–2. – С. 2–24.
6. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным ма-

- териалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус. – М.: Пэйнт-Медиа, 2007. – 548 с.
7. Термореактивный материал для покрытий: Пат. 2249605 РФ, МПК ⁷ С 09 D 5/03, 133/06, 167/00, 177/06 / Каплан Андерс, Райх Альберт; заявитель иностр. фирма «ЭМС-Хеми АГ» (Швейцария). – N 01/00938; заявл. 29.01.2001; опубл. 10.04.2005 // Официальный бюл./ нац. Центр интеллектуал. собственности. – 2005. – № 10.
 8. Термореактивные порошковые композиции: Пат. 1726621 Европа, МПК ⁷ 8С 08L, 67/00; Moens Lus, Knoops Nele, Maetens Daniel; заявитель Cytek Surface Specialties. N 5011415; заявл. 26.05.2005; опубл. 29.11.2006. Англ. EP.
 9. Способ приготовления полиэфирных порошковых красок горячего отверждения: Пат. 7192994 США, МПК ⁷ 8С 09D, 133/14; Daum, Ulrich, Guida Ronald, Ems-Chemie Ag. N 5052003; заявл. 24.03.2003; опубл. 28.02.2007. Англ. US.
 10. Порошковая лакокрасочная композиция: Пат. 696240 Швейцария, МПК ⁷ 8С 08G, 63/00; Koike Nobuyuki, Kuwahara Shojiro; Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc. N 960925; заявл. 12.10.2004; опубл. 20.03.2007. Англ. CH.
 11. Состав порошкового покрытия: Пат. 2290544 Великобритания, МПК ⁷ 6С 09D, 163/00; Shingo Yarada, Keiji Inomata, Ichiro Yoshihara; KANASAI PAINT CO LTD. N 9512858.3; заявл. 23.06.1995; опубл. 03.01.1996. Англ. GB.
 12. Термоотверждаемая композиция для формирования матового покрытия: Пат. 3498971 Япония, МПК ⁷ 7С 09D, 163/08; Jiyan Marii Oebeke; Ucb Sa. N 1199; заявл. 07.01.1993; опубл. 23.02.2004. Япон. JP.
 13. Порошковые окрасочные системы с возможностью регулирования степени глянца получаемых покрытий: Пат. 7041737 США, МПК ⁷ 8С 09D, 133/06; Nicholl Edward G., Daly Andrew T, Seelig Carryll A.; Rohm And Haas Company. N 294297; заявл. 13.11.2002; опубл. 09.05.2006. Англ. US.
 14. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1989. – 384 с.
 15. Яковлев, А.Д. Порошковые полимерные материалы и покрытия на их основе / А.Д. Яковлев [и др.]. – Л.: Химия, 1971. – 256 с; 1979. – 256 с.
 16. Wicks Z.W., Jones F.N., Pappas S.P. Organig Coating, Science and Technology, J. Wiley&Sons, Ins., York. – 1992.
 17. Яковлев, А.Д. Порошковые краски / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1987. – 216 с.
 18. Кухта, Т.Н. Климатическая стойкость покрытий из порошковых полиэфирных красок / Т.Н. Кухта, Н.Р. Прокопчук // Материалы, технологии, инструменты. – 2013. – Т. 18, № 4. – С. 76–84.
 19. Кухта, Т.Н. Экспресс-метод оценки долговечности покрытий из порошковых красок / Т.Н. Кухта, Н.Р. Прокопчук // Известия НАН Беларуси. – Сер. физ.-тех. наук. – 2014. – № 1. – С. 20–24.

Kuhta T. N. and Prokopchuk N. R.

Polyester powder paint: composition, production technology.

Advantages of powder paints over liquid ones containing organic solvents are considered. Selection of key components being part of paints' composition is substantiated: film-forming, curing agents, pigments, fillers, functional additives improving melt fluidity, degassing elements. Experimental batches of local powder paints were developed, produced on process line of «MAN» private enterprise and containing: film former (55–61 mas.%), curing agents (5–7 mas.%), pigments and fillers (33–40 mas.%), functional additives (0.5–1.5 mas.%), fluidity agent (1 mas.%), degassing agent (0.4 mas.%). Technology of powder paints production is described.

Поступила в редакцию 19.06.2014.

© Т. Н. Кухта, Н. Р. Прокопчук, 2014.