

УДК 678.4.023

Т. Н. Кухта¹, Н. Р. Прокопчук²¹Институт БелНИИС²Белорусский государственный технологический университет**ПОКРЫТИЕ ШИФЕРА ПОРОШКОВЫМИ ПОЛИЭФИРНЫМИ КРАСКАМИ**

Изложена технология получения защитных декоративных покрытий порошковыми полиэфирными красками отечественного производства листов асбестоцементного шифера в производственных условиях ПРУП «Кричевцементношифер». Приведены результаты испытаний шифера с полимерными покрытиями синего, зеленого и бордового цветов на адгезию, морозостойкость, теплостойкость, прочность на истирание, устойчивость к переменным температурам, ускоренное климатическое старение, водостойкость, цветоустойчивость. Показано соответствие комплекса эксплуатационных свойств экспериментальной партии шифера с полимерными покрытиями требованиям СТБ 1118-98.

Ключевые слова: порошковая полиэфирная краска, асбестоцементный шифер, климатическая устойчивость.

T. N. Kuhta¹, N. R. Prokopchuk²¹Institute BelNIIS

Belarusian State Technological University

COATING OF SLATE WITH POWDER POLYESTER PAINTS

The production technology of protective decorative coatings for asbestos-cement boards carried out with the use of powder polyester paints of domestic manufacture is described. The technology was implemented in productive conditions of the Open Joint Stock Company “Krichevceментноshifer”. The results of testing of asbestos-cement boards with polymeric coatings of blue, green and dark-red colours are presented. The testing was carried out for adhesion, frost- and heat-resistance, abrasive resistance, resistance to variable temperatures, accelerated weathering, water-resistance, colour fastness. It is shown that the complex of performance characteristics of the pilot lot of asbestos-cement boards with polymeric coatings corresponds to the requirements of STB 1118-98.

Key words: polyester powder paint, asbestos-cement slate, climatic resistance.

Введение. Среди множества современных кровельных материалов шифер сохраняет значительные позиции по широте применения благодаря своей долговечности и относительно невысокой стоимости. Для привлечения новых потребителей необходимо постоянно повышать его эксплуатационные свойства, поэтому в настоящее время все более широкое распространение получает окрашенный шифер.

Порошковые полимерные краски (ПК) получили широкое применение как современный и высокоэкологичный продукт для создания качественного и долговечного покрытия [1–3]. Преимущества порошковых красок перед жидкими красками [1, 2] позволили технологии порошкового окрашивания получить широкое распространение в промышленности, а порошковым краскам завоевать место на рынке лакокрасочных материалов.

Технологический процесс окраски изделия порошковыми красками состоит из следующих стадий:

– подготовка поверхности (удаление загрязнений, обеспыливание, нанесение грунтовки, предварительная сушка для снижения влажности шифера);

– нанесение слоя порошковой краски на окрашиваемую поверхность;

– формирование пленки покрытия: оплавление, отверждение, охлаждение.

Подготовка поверхности – начальная стадия процесса окраски ПК – в значительной степени определяет его долговечность. При нанесении ПК на плохо подготовленную поверхность (запыленность, наличие посторонних включений) наблюдается быстрое отслаивание ПК как на небольших участках, так и по всей поверхности. Данный этап особенно важен для поверхности шифера, которую необходимо тщательно очистить щетками от пыли и затвердевших кусочков цемента. Затем поверхность обрабатывается грунтовкой или пропиткой. Грунтовки, наносимые на поверхность первым слоем, глубоко проникают в основу (в микротрещины), упрочняют ее, улучшают сцепление с последующим слоем. Кроме того, защищают поверхность шифера от сырости и появления плесени. Обладая связывающими и укрепляющими свойствами, грунтовка предотвращает повреждение базовой поверхности, блокирует действие щелочи и солей, вызывающих высаливание, и способствует увеличению адгезии [4, 5].

Пропитки и грунтовки, применяемые для защиты от воды, глубоко проникают в поры, при высыхании не образуют поверхностной корки, не препятствуют испарению влаги из материала, сохраняют цвет и фактуру поверхности, обладают высокой химической стойкостью, стойкостью к атмосферным воздействиям, безвредны. Наиболее полно перечисленным свойствам соответствуют кремнийорганические соединения.

Влажность асбестоцементных листов шифера составляет 11–12%. Такая влажность асбестоцементного шифера приводит к дефектам при формировании ПК. Поэтому требуется принудительное удаление воды. Сушильные установки (печи) – наиболее распространенный вид оборудования для высушивания изделий.

Чтобы высушить поверхность шифера, необходимо выдерживать асбестоцементные листы в течение 1 ч при температуре 170°C.

Перед направлением в окрасочную камеру шифер должен быть охлажден. Это важно, поскольку оптимальная температура детали при нанесении порошка обычно ниже 38°C. Охлаждение производится при температуре окружающей среды.

Порошковые краски наносят на детали электростатическим распылением, либо их погружением в псевдооживленный слой (с электризацией частиц или без нее), либо методом газопламенного распыления [6, 7].

Электростатическое распыление наиболее удобно и обеспечивает лучший контроль толщины покрытия. Оно стало основным методом нанесения покрытий в промышленности. В установке распыления порошок, находящийся в специальном бункере (питателе), приводится в псевдооживленное состояние при помощи сжатого воздуха. Эжектор забирает порошок из бункера и переносит его к распылителю. Пульт управления используется для контроля подачи порошка и воздуха, а также для поддержания параметров распыления. В распылителе порошок сообщается электрический заряд путем ионной бомбардировки в электрическом поле (метод зарядки коронным разрядом) или трением (метод трибостатической зарядки).

Основная часть. Экспериментальная партия листов асбестоцементного шифера с полимерным покрытием была выпущена в производственных условиях ПРУП «Кричевцементношифер».

Предварительную подготовку поверхности подложек асбестоцементного шифера осуществляли следующим образом: обеспыливали, очищали от посторонних включений и на образцы шифера наносили грунтовочные составы:

- кремнийорганический (образец № 1);
- органорастворимый, содержащий силиконовые добавки (образец № 2);

- силан/силаксановая эмульсия (образец № 3);
- на основе полиэфирной смолы (образец № 4);
- на основе эпоксидной и полиэфирной смолы (гибридная) (образец № 5).

На образцы, обработанные жидкими составами (образцы № 1, 2, 3), наносили одностороннее двухслойное покрытие. В случае использования порошковых грунтовок (образцы № 4, 5) краску наносили в один слой электростатическим методом, соблюдая требуемые режимы отверждения.

Для получения полимерного покрытия на асбестоцементных волнистых листах использовали полиэфирные порошковые краски:

- 1) низкотемпературная порошковая краска (синего цвета) с температурой отверждения 140°C;
- 2) высокотемпературная порошковая краска (зеленого и бордового цвета) с температурой отверждения 190°C [3, 8, 9].

Нанесение порошковой краски проводили при нормальной температуре шифера методом электростатического напыления. Листы шифера со слоем порошковой краски направлялись в проходную печь с электрообогревом для формирования покрытия, включающего оплавление слоя порошковой краски с получением пленки.

Отверждение порошковой краски происходит при температуре 190°C в течение 25 мин. При нанесении низкотемпературной порошковой краски формирование пленки происходило при температуре 145°C в течение 20 мин. Полученные покрытия контролировали по внешнему виду поверхности, физико-механическим и эксплуатационным показателям. Внешний вид оценивался посредством визуального осмотра на наличие пузырей, пор, кратеров, потеков, трещин.

Эксплуатационные свойства полимерного покрытия определяли после 140 циклов испытаний на морозостойкость по изменению прочности сцепления (адгезии) полимерного покрытия к асбестоцементному шиферу и прочности при изгибе до и после испытаний (табл. 1). Установлено, что прочность сцепления полимерных покрытий с асбестоцементным основанием на образцах, подвергнутых испытаниям на морозостойкость, составляет от 2,5 до 3,2 МПа и удовлетворяет требованиям СТБ 1118-98 (изменения № 1). Остаточная прочность при изгибе асбестоцементных листов с полимерным покрытием после 140 циклов испытаний на морозостойкость составляет более 90%, что удовлетворяет требованиям СТБ 1118-98 (изменения № 1). Характер разрушения на контрольных образцах – когезионный. После 140 циклов испытания на морозостойкость характер разрушения изменяется и становится адгезионным. Следует отметить, что после 140 циклов

испытаний на морозостойкость изменений внешнего вида (появления трещин, шелушений, изменение цвета) не наблюдается (табл. 1).

Таблица 1
Результаты испытаний образцов асбестоцементного шифера с полимерным покрытием на морозостойкость (140 циклов)

Наименование	Прочность сцепления с основанием, МПа		Прочность при изгибе, МПа	
	до испытаний	140 циклов	до испытаний	140 циклов
Низкотемпературная краска, цвет – синий	3,3	3,2	36,7	35,7
Высокотемпературная краска, цвет: – зеленый – бордо	2,9 2,7	2,8 2,5	34,4 33,6	33,9 32,8

Шифер, как и большинство строительных материалов, имеет щелочную природу, поскольку содержит цемент и известь. При этом щелочной характер поверхности может оказывать влияние на полимерное ПК. Выбор предлагаемых пигментов для порошковых лакокрасочных материалов (ЛКМ) из-за высоких температур отверждения достаточно ограничен. Для получения насыщенных цветов необходимо использовать более дорогие пигменты, что сказывается на цене порошкового ЛКМ. Однако следует отметить, что в производстве порошковых красок, в отличие от жидких, отсутствуют операция колерования.

В настоящей работе при выборе цветовой гаммы учитывали наиболее востребованные цвета кровельных покрытий (синий, зеленый, бордо), применяемые в строительстве. Для оценки цветоустойчивости цветного полимерного ПК на асбестоцементном шифере после воздействий светового излучения (искусственное старение) контролировали: цветовое различие ΔE между исходными и облученными образцами; изменение прочности сцепления (адгезию); прочность на истирание (табл. 2).

Испытание на ускоренное климатическое старение полимерного ПК проводили по следующему режиму:

температура в климатической камере	+50°C
относительная влажность воздуха	60%
режим облучения УФ	57,7 Вт/м ²
ИК	730 Вт/м ²
видимый диапазон	320 Вт/м ²

Суммарный интегральный поток оптического излучения от имитационного излучателя S1200 на расстоянии 60 см от источника излучения составил 1107,7 Вт/м². Величина энергии облучения образцов от имитационного излучателя в течение 168 ч составила 670 МДж/м². Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2
Характеристики полимерного ПК после ускоренного климатического старения

Наименование показателя	Значение показателя
Цветоустойчивость покрытия: – цвет синий	$\Delta a = 1,3947$ $\Delta b = 0,1919$ $\Delta L = 0,1488$ $\Delta E (\Delta a, \Delta b, \Delta L) = 1,47$
– цвет зеленый	$\Delta a = 0,6635$ $\Delta b = 0,0944$ $\Delta L = 0,2924$ $\Delta E (\Delta a, \Delta b, \Delta L) = 1,67$
– цвет бордо	$\Delta a = 1,3947$ $\Delta b = 1,1232$ $\Delta L = 1,0947$ $\Delta E (\Delta a, \Delta b, \Delta L) = 1,64$
Адгезия, МПа. Цвет: – синий – зеленый – бордо	3,3 2,9 2,7
Прочность полимерного покрытия на истирание	Отсутствует нарушение целостности полимерного покрытия

Изменения цвета окрашенного полимерного ПК асбестоцементных листов после ускоренного климатического старения в течение 168 ч не наблюдается. Максимальное цветовое различие ΔE для цветного полимерного ПК составляет от 1,47 до 1,67, что ниже допустимого (ΔE не более 3,0 по СТБ 1118-98).

Испытания на истираемость полимерного ПК асбестоцементных образцов шифера показали, что изменений его внешнего вида не наблюдается. Также отсутствуют изменения внешнего вида полимерного ПК при испытании на устойчивость к воздействиям переменных температур от +60 до –40°C после 10 циклов испытаний. При испытании на стойкость к статическому воздействию воды изменения цвета ПК практически не происходит, цветовое различие ΔE составляет 0,01–0,02. Результаты оценки эксплуатационных свойств асбестоцементных листов с полимерным ПК представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Эксплуатационные свойства
асбестоцементных листов с полимерным ПК**

Наименование показателя, технические требования, характеристики	Значение показателей
1. Внешний вид (координаты цвета и равномерность окраски ΔE (Δa , Δb , ΔL)). Цвет: – синий – зеленый – бордо	1,6114; 1,5618; 1,7986; 1,5680 0,7167; 0,8312; 0,9014; 1,0094 0,8994; 1,0054; 0,9654; 0,2955
2. Толщина покрытия, мкм	165–180
3. Адгезия полимерного покрытия, МПа	3,2–3,6; когезионный характер разрушения по шиферу
4. Морозостойкость 140 циклов: – изменение внешнего вида – адгезия покрытия, МПа – прочность при изгибе, МПа	Отсутствие следов трещин и разрушений 2,1–3,2; адгезионный характер разрушения 32,9–36,8
5. Устойчивость к воздействию переменных температур (от +60 до –40°C) после 10 циклов испытаний по изменению внешнего вида	Отсутствуют изменения внешнего вида полимерного покрытия
6. Прочность цветного покрытия на истирание	Отсутствует нарушение целостности полимерного покрытия
7. Теплостойкость полимерного покрытия при температуре 150°C в течение 2 ч	Отсутствуют изменения внешнего вида полимерного покрытия
8. Цветоустойчивость полимерного покрытия после ускоренного климатического старения в течение 168 ч. Цвет: – синий – зеленый – бордо	ΔE (Δa , Δb , ΔL) = 1,47 ΔE (Δa , Δb , ΔL) = 1,67 ΔE (Δa , Δb , ΔL) = 1,64
9. Стойкость к статическому воздействию воды в течение 24 ч, по изменению внешнего вида. Цвет: – синий – зеленый – бордо	Изменения внешнего вида отсутствуют ΔE (Δa , Δb , ΔL) = 0,02 ΔE (Δa , Δb , ΔL) = 0,01 ΔE (Δa , Δb , ΔL) = 0,02

Полимерные покрытия асбестоцементных листов после ускоренного климатического старения в течение 168 часов являются цветоустойчивыми. Максимальное изменение цветовых характеристик, равномерность окраски для зеленого, синего и цвета бордо находится в пределах от 1,47 до 1,67, что ниже допустимого (не более 3,0 по СТБ 1118-98). Испытания на истираемость полимерного покрытия асбестоцементных образцов шифера с полимерным покрытием показали, что на контрольных и на образцах, подвергнутых испытаниям, изменения внешнего вида полимерного покрытия отсутствуют. Также отсутствуют изменения внешнего вида полимерного покрытия при испытании на устойчивость к воздействиям переменных температур от +60 до –40°C после 10 циклов испытаний. Результаты определения водопоглощения при капиллярном подсосе образцов шифера с полимерным ПК приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты испытаний образцов
асбестоцементного шифера с полимерным ПК
на водопоглощение при капиллярном подсосе**

Образец	Водопоглощение, кг/м ² , за 24 ч	Изменение внешнего вида
Низкотемпературная краска		
Образец № 1	0,053	Изменение внешнего вида отсутствует
Образец № 2	0,054	
Образец № 3	0,055	
Образец № 4	0,040	
Образец № 5	0,0143	
Высокотемпературная краска		
Образец № 1	0,075	Изменение внешнего вида отсутствует
Образец № 2	0,046	
Образец № 3	0,10	
Образец № 4	0,025	
Образец № 5	0,072	
Контрольный образец	0,97	–

В результате исследования установлено также, что наблюдается снижение капиллярной поверхностной пористости у образцов шифера с полимерным ПК по сравнению с контрольным образцом без ПК в 8–10 раз. Воздействие воды не оказывает влияния на внешний вид полимерного ПК.

Выводы. Описан технологический процесс покрытия листов асбестоцементного шифера порошковыми полиэфирными красками в производственных условиях ПРУП «Кричевцементношифер».

Экспериментальная партия листов синего, зеленого и бордо цветов испытана на соответствие требованиям, предъявляемым к лакокрасочным покрытиям этого класса. После испы-

таний на морозостойкость (140 циклов) адгезия полимерных покрытий практически не меняется, остается высокой и составляет 2,5–3,2 МПа; остаточная прочность при изгибе свыше 90%; изменения цвета, появления трещин, шелушений не наблюдается. При ускоренном климатическом старении (энергия облучения 670 МДж/м), воздействии переменных температур от +60 до –40°С (10 циклов) и воды (24 ч) изменения показателей покрытий ниже допустимых СТБ 1118-98 (изменения № 1). Покрытия остаются стойкими в условиях их контакта со щелочной поверхностью асбестоцементного шифера. Водопоглощение при капиллярном подсосе шифера с полимерным покрытием в 8–10 раз ниже, чем без покрытия.

Литература

1. Яковлев А. Д. Порошковые краски. Л.: Химия, 1987. 216 с.
2. Кухта Т. Н., Прокопчук Н. Р. Климатическая стойкость покрытий из порошковых полиэфирных красок // *Материалы, технологии, инструменты*. 2013. Т. 18, № 4. С. 76–84.
3. Кухта Т. Н., Прокопчук Н. Р. Экспресс-метод оценки долговечности покрытий из порошковых красок // *Весці НАН Беларусі (сер. фіз-тэхн. навук)*. 2014. № 1. С. 20–24.
4. Андриященко Е. А. Светостойкость лакокрасочных покрытий. М.: Химия, 1968. С. 188.
5. Логанина В. И., Ориентликхер Л. П. Сопротивление защитных декоративных покрытий для наружных стен зданий. М.: АСБ, 2002. С. 144.
6. Яковлев А. Д. Порошковые краски. Нанесение покрытий. СПб.: Химиздат, 2004. С. 248.
7. Брок Т., Гротэклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. М.: Пэйнт-Медиа, 2004. С. 248.
8. Кухта Т. Н., Прокопчук Н. Р. Эксплуатационные свойства покрытий из порошковых полиэфирных красок // *Труды БГТУ*. 2015. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. С. 139–146.
9. Prokopchuk N. R., Kukhta T. N. Study of longevity evaluation criteria of polymeric coatings: 4th International conference advanced construction. Kaunas, 2014. P. 92–96.

References

1. Yakovlev A. D. *Poroshkovye kraski* [Powder paints]. Leningrad, Khimiya Publ., 1987. 216 p.
2. Kukhta T. N., Prokopchuk N. R. Weather resistance of coatings of polyester powder of paints. *Materialy, tekhnologii, instrumenti* [Materials, technology, tools], 2013, vol. 18, no. 4, pp. 76–84 (In Russian).
3. Kukhta T. N., Prokopchuk N. R. Express-method of assessing the durability of coatings of powder of paints. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi (Seryya fizika-tekhnichnykh navuk)* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus (Series of physical and technical sciences)], 2014, no. 1, pp. 20–24 (In Russian).
4. Andryushchenko E. A. *Svetostoykost' lakokrasochnykh pokrytyy* [Light-resistance of paint coatings]. Moscow, Khimiya Publ., 1968. 188 p.
5. Loganina V. I., Orientlikher L. P. *Soprotivlenie zashchitnykh dekorativnykh pokrytyy dlya naruzhnykh sten zdaniy* [The resistance of protective decorative coatings of external walls of buildings]. Moscow, ASB Publ., 2002. 144 p.
6. Yakovlev A. D. *Poroshkovye kraski. Nanesenie pokrytyy* [Powder paints. Coatings technology]. St. Petersburg, Khimizdat Publ., 2004. 248 p.
7. Brok T. *Evropeyskoe rukovodstvo po lakokrasochnym materialam i pokrytyyam* [European guidelines for paints and varnishes]. Moscow, Paint-media Publ., 2004. 248 p.
8. Kukhta T. N., Prokopchuk N. R. The performance properties of coatings of polyester powder of paints. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4: Chemistry, Technology of Organic Substances and Biotechnology, pp. 139–146 (In Russian).
9. Prokopchuk N. R., Kukhta T. N. Study of longevity evaluation criteria of polymeric coatings. *Materials of the 4th International conference advanced construction*. Kaunas, 2014, pp. 92–96 (In Russian).

Информация об авторах

Кухта Татьяна Николаевна – заведующая отделом полимерных материалов. Институт БелНИИС (220114, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 15 Б, Республика Беларусь). E-mail: kuhta_tatiana@mail.ru

Прокопчук Николай Романович – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: n.r.prok@gmail.com

Information about the authors

Kukhta Tat'yana Nikolaevna – Head of the Scientific Research Department of Polymer Materials. Institute BelNIIS (15b, F. Skoriny str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kuhta_tatiana@mail.ru

Prokopchuk Nikolai Romanovich – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: n.r.prok@gmail.com

Поступила 23.02.2016