

УДК 622.69:620.197

М.А. Гусева¹, e-mail: marina.guseva@chelpipe.ru; М.В. Ретивых², e-mail: Marina.Retivyh@metaclay.com¹ ПАО «ЧТПЗ» (Челябинск, Россия).² АО «Метаклэй» (Москва, Россия).

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТВОДОВ С ТРЕХСЛОЙНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

В статье приведены результаты квалификационных испытаний трехслойного полиэтиленового покрытия отводов. Покрытие было нанесено с использованием порошковых полиэтиленовых материалов, произведенных компанией АО «Метаклэй». Результаты подтвердили соответствие покрытия требованиям стандарта DIN 30670.

Ключевые слова: стойкость к световому и термическому старению, переходное сопротивление покрытия, диэлектрическая сплошность, относительное удлинение при разрыве покрытия, термореактивные покрытия, газопламенный метод нанесения покрытия.

В начале 2018 г. ООО «ЭТЕРНО» (входит в состав Группы предприятий ЧТПЗ) отгрузило в адрес греческой компании Motor Oil Hellas не совсем стандартную для России продукцию – отводы с трехслойным полиэтиленовым покрытием. Покрытие было изготовлено в соответствии со спецификацией заказчика, базовые показатели которой основаны на требованиях стандарта DIN 30670.

Помимо стандартных характеристик полиэтиленового покрытия, таких как стойкость к световому и термическому старению, удельное электрическое или переходное сопротивление покрытия исходное и после выдержки в течение 70 и 100 ч в растворе хлорида натрия, которые должны были быть подтверждены документально, в рамках квалификации, предшествующей началу производства, должны были быть подтверждены свойства и значения показателей покрытия, указанные в табл. 1.

Номенклатура отводов была следующая: углы – 18–110°, номинальный наружный диаметр – 813 мм, толщина стенки – 9,53 и 12,7 мм, площадь максимального по дли-

не изделия – 22,5 м². Всего было 18 изделий. Отводы были полностью произведены на предприятиях Группы ЧТПЗ: трубы – в цехе «Высота 239» ПАО «ЧТПЗ», отводы – в АО «Соединительные отводы трубопроводов».

Решение наносить покрытие на «ЭТЕРНО» было непростым в силу отсутствия обкатанной технологии, статистических данных по свойствам покрытия, требуемого оборудования для нанесения порошковых материалов.

Для российского рынка производителей соединительных деталей трубопроводов трехслойное полиэтиленовое покрытие – новое. Традиционно предприятия наносят жидкие термореактивные покрытия, используя для этого установки для безвоздушного распыления.

В 2010 г. ООО «Газпром ВНИИГАЗ» проводило испытания аналогичного покрытия производства компании Bredero Shaw (Малайзия). Но на тот момент работа по подбору порошкового материала, позволяющего получить покрытие, соответствующее требованиям ПАО «Газпром», предъявляемым к трехслойному полиэтиленовому

покрытию линейных труб, не была завершена. В настоящем проекте в качестве возможного подрядчика также рассматривались две итальянские компании.

Идея нанести трехслойное покрытие самостоятельно была основана на опыте небольшого демонстрационного нанесения порошкового покрытия, организованного АО «Метаклэй».

Для нанесения покрытия использовалось оборудование для газопламенного нанесения итальянской компании IBIX S.r.l. Первое покрытие из порошкового полиэтилена «Метаклэй» имело относительное удлинение при разрыве менее 100 % при температуре окружающей среды.

Одним из известных поставщиков порошков для газопламенного нанесения полиэтиленовых покрытий является английская компания Plascoat Systems Ltd. При подготовке к проекту мы получили от Plascoat образцы пластин материала и на результатах собственных испытаний убедились в достижимости свойств пластичности и прочности покрытия, которые требовалось обеспечить в проекте.

Для нанесения покрытия пригласили литовскую фирму Dažų gama UAB, официального дилера компании IBIX S.r.l., имеющую свое оборудование, обученный персонал и выполняющую заказы на нанесение покрытий на основе порошковых материалов газопламенным методом.

За разработку документации, подготовку поверхности, нагрев изделий перед нанесением покрытия, аттестационные и сдаточные испытания отвечали специалисты ЧТПЗ и «ЭТЕРНО».

Документацией было предусмотрено два варианта покрытия: первое – на основе материалов АО «Метаклэй», второе – на основе материала FSPE (Flame Spray PE) производства Plascoat. Второй вариант был предусмотрен на случай, если первую квалификацию пройти не удастся. Сомнения и опасения были понятны. АО «Метаклэй» за 1–2 мес должны были разработать материал, который при порошковом нанесении обеспечил бы пластичность покрытия в соответствии с требованиями стандарта DIN 30670 к экструдированному покрытию линейных труб. При этом материал должен был иметь высокий уровень термостабилизации, чтобы при нанесении газопламенным методом обеспечить необходимый уровень свойств в покрытии, иметь соответствующий гранулометрический состав.

Специалисты компании решили все проблемы в короткий срок и поставили материалы для проекта. Опытное нанесение показало, что требуемые свойства покрытия могут быть достигнуты. Все квалификационные испытания покрытия, включая разрушающие испытания, были проведены дважды.

Для подтверждения свойств покрытия на основе российского полиэтилена впервые за нашу практику мы отслаивали стамеской полиэтиленовый слой покрытия непосредственно с готового изделия и сошлифовывали прилегающий к адгезиву слой покрытия

Таблица 1. Проектные требования спецификации заказчика

Наименование показателя	Метод контроля	Значение показателя
Внешний вид	Визуальный	Без дефектов, однородного цвета и блеска
Толщина	ISO 2808 (№ 7) в 12 точках, равномерно распределенных по длине и окружности	≥3,7 мм. Допускается локальное уменьшение до 10 % максимум на участке площадью 5 см ² на 1 м длины отвода
Диэлектрическая сплошность	DIN 30670, Приложение E	Отсутствие пробоя при электрическом напряжении 25 кВ
Адгезия покрытия	DIN 30670, Приложение D	≥35 Н/см при температуре 23 °С; ≥25 Н/см при температуре 50 °С
Прочность покрытия при ударе	DIN 30670, Annex H	12,5 Дж при температуре 23 °С
Вдавливание	DIN 30670, Приложение I	<0,2 мм при температуре 23 °С; ≤0,3 мм при температуре 50 °С
Относительное удлинение при разрыве	DIN 30670, Приложение F	≥300 %
Катодное разрушение (50±2) °С, –1,5 В, 28 дней; (65±2) °С, –3,5 В, 2 дня	ISO 21809-1	≤7 мм
Степень отверждения слоя эпоксидного праймера	ASTM D3418	–2 °С ≤ Δ Tg ≤ 3 °С
Период индукции	ISO 11357-6	≥15 мин при температуре 200 °С

для удаления дефектов, как этого требовала процедура DIN 30670. Стандартная практика предполагает нанесение свободного полиэтиленового слоя покрытия без адгезива и последующие испытания свободной пленки покрытия. При этом покрытие получается без дефектов, и на результат испытания влияют только свойства материала и технология его переработки. Несомненно, способ отбора образца повлиял на результаты испытаний, единичные лопатки на первой квалификации «провалились», но в целом тест был пройден. Мы приобрели необходимый опыт, что позволило уже в более спокойном режиме повторить тестирование при повторной квалификации.

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ВКЛЮЧАЛА:

- подготовку поверхности со стандартным набором контролируемых показателей, таких как степень очистки, запыленность, содержание солей, шероховатость;
- нагрев изделия в печи при температуре 235 °С в течение 3 ч;

- догрев отвода изнутри с помощью кольцевых горелок после установки отвода на опоры до заданной изготовителем эпоксидного порошка температуры (от 180 до 240 °С);
- нанесение эпоксидного порошка;
- совместное нанесение эпоксидного порошка и порошка адгезива пневматическим распылением;
- нанесение слоя адгезива;
- нанесение верхнего полиэтиленового слоя покрытия газопламенными пистолетами;
- охлаждение водой.

Процесс почти аналогичен покрытию линейных труб, но у него много особенностей и сложностей, связанных с необходимостью обеспечить высокую температуру изделия и ручным нанесением.

Например, в ходе нанесения покрытия требуемой толщины изделие на короткое время несколько раз возвращают в печь нагрева. Это необходимо для того, чтобы удалить газы из покрытия и обеспечить его беспористость. Пистолеты газопламенного нанесения могут работать в нескольких режимах: нагрева, нагрева и нанесения. Опытный оператор по блеску поверхности



Рис. 1. Нанесение эпоксидного слоя покрытия на «материнскую» трубу, из которой были изготовлены отводы для тестов на катодное отслаивание



Рис. 2. Нанесение полиэтиленового слоя покрытия газопламенными пистолетами

определяет необходимость того или иного режима, а также интенсивность подачи порошка при нанесении, чтобы минимизировать его непроизводительные потери. Кроме того, источником беспокойства за результаты теста на катодное отслаивание был тот факт, что после длительной выдержки в печи изделие выглядит совсем не так, как на наших линиях покрытия, поскольку поверхность окисляется. Стандарт ISO 21809-3, регламентирующий процедуру нанесения и свойства газопламенных покрытий, определяет допустимую степень окисления поверхности как ту, которая не наносит ущерб качеству покрытия. Но размер ущерба можно проверить только на практике. В нашем случае это были квалификационные испытания покрытия.

Еще одной сложностью является достаточно быстрое падение температуры окрашенной поверхности отвода во время нанесения адгезива из-за охлаждения потоком

Таблица 2. Результаты испытаний покрытия

Наименование показателя	Значение показателя	
	Квалификационное испытание 1	Квалификационное испытание 2
Внешний вид	Однородное покрытие без дефектов	
Толщина, мм	5,12; 5,50; 5,42; 4,99; 4,85; 3,62; 4,03; 3,85; 3,87; 4,13; 4,30; 4,67. Минимальное 3,62	4,47; 5,31; 5,59; 5,61; 4,52; 6,09; 5,37; 6,37; 6,15; 3,98; 4,06; 5,34. Минимальное 3,98
Диэлектрическая сплошность	Отсутствие пробоя при электрическом напряжении 25 кВ	
Адгезия при температуре 23 °С, Н/см	163, разрыв полосы. Результат – 45,75	182, разрыв полосы. Результат – 182
Адгезия при температуре 50 °С, Н/см	125, 134, 143, 157, 160. Результат 144	39, разрыв полосы. Результат 39
Ударная прочность покрытия	Отсутствие пробоя при напряжении 25 кВ в точках с энергией удара 12,5 Дж	
Вдавливание при температуре 23 °С, мм	0,15; 0,19; 0, 13. Результат – 0,16	0,23; 0,25; 0, 24. Результат – 0,24
Вдавливание при температуре 50 °С, мм	0,19; 0,19; 0,18. Результат – 0,19	0,13; 0,26; 0,29. Результат – 0,23
Удлинение, %	590, 494, 66, 408, 220. Результат – 356	591, 509, 544, 557, 638. Результат – 568
Степень отверждения FBE	–0,93	–1,96
Период индукции при температуре 200 °С*	Не проводились	206,5; 217,4; 165,6; 168,6; 237,0; 166,3; 164,1
Катодное разрушение (50±2) °С, –1,5 В, 28 дней	2,5; 2,6; 2,5; 3,0. Результат – 2,7	4,0; 3,8; 3,9; 3,5; 4,6; 3,7; 3,6; 3,6; 3,7; 3,7; 3,4; 3,2; 3,5; 4,3; 3,4; 3,9; 3,8; 4,6; 3,8; 3,4; 3,4; 4,2; 3,7; 4,2. Результат – 3,8
Катодное разрушение (65±2) °С, –3,5 В, 2 дня	3,0; 2,0; 1,0; 1,0. Результат – 1,8	1,6; 3,4; 3,8; 2,0; 1,3; 1,6; 1,4; 1,1; 2,5; 2,0; 1,8; 2,0; 1,9; 2,8; 3,3; 2,0; 1,8; 1,8; 2,1; 2,1; 2,2; 2,6; 2,2; 2,2**. Результат – 2,1

* Показатель был включен дополнительно для подтверждения отсутствия негативного влияния промежуточного нагрева на эксплуатационные свойства покрытия.

** Изменение количества единичных измерений связано с изменением методики оценки по требованию заказчика.

воздуха пистолетов и низкой теплопроводности самого покрытия. С этой точки зрения характеристики реактивности порошка и рабочий диапазон температур нанесения и отверждения имеют первостепенное значение.

На рис. 1–2 представлены различные этапы нанесения трехслойного покрытия, а в табл. 2 – результаты квалификационных испытаний покрытия.

Все испытания были успешно пройдены, изделия покрыты и отгружены заказчику.

Для продвижения нового вида покрытия на российском рынке предстоит еще немало сделать.

Необходимо провести испытания на соответствие требованиям российских стандартов, которые предъявляют гораздо более высокие требования по ряду тестов в сравнении европейскими.

Первые результаты обнадеживают. Результаты одного из распространённых тестов – относительное удлинение при разрыве свободной пленки покрытия при температуре –45 °С – на первых образцах, где покрытие было отслоено от поверхности изделия, получилось на уровне 110 %. Это только первые данные, но они показывают, что будущее у трехслойных полиэтиленовых покрытий в России есть.