

ГУММИРОВОЧНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙСЯ ПОД ЗЕМЛЕЙ

Семенов Ю. В., Зерщиков К. Ю., Ваниев М. А., Алиатаев М. К.

ООО «Константа-2», Волгоградский ГТУ, г. Волгоград

На сегодняшний день для защиты фасонных соединительных деталей и задвижек трубопроводов используются преимущественно лакокрасочные материалы (ЛКМ) эпоксидной и полиуретановой природы, а также на основе полимочевины [1]. В основном представленные ЛКМ и их составляющие компоненты являются продуктами импортного производства. Применяемые материалы в целом соответствуют основным технико-эксплуатационным требованиям [2], однако не лишены и недостатков:

- материалы или их компоненты в большинстве своем производятся за рубежом, а значит, являются дорогостоящими и дефицитными, что не соответствует требованиям экономической безопасности. Очевидно, что в условиях антироссийских санкций задача импортозамещения в данной отрасли промышленного производства стала наиболее актуальной на сегодняшний день;

- для нанесения используемых ЛКМ, представляющих собой в основном двухкомпонентные высоковязкие быстротвердеющие материалы, требуется наличие высокопроизводительного дорогостоящего оборудования импортного производства;

- эти материалы не обладают достаточной прочностью и эластичностью, сохраняющимися при хранении, транспортировке, монтаже и эксплуатации в широком интервале температур окружающей среды;

- не соответствуют требованию универсальной стойкости к агрессивным средам в широком диапазоне pH, характерном для грунтов различной коррозионной активности;

- характеризуются высокими требованиями к условиям нанесения — температуре, влажности и качеству защищаемой поверхности.

Таким образом, проблема поиска и выбора альтернативных импортозамещающих изоляционных материалов для антикоррозионной защиты от поч-

венной коррозии элементов трубопроводов сложной конфигурации является актуальной.

Общие требования защиты поверхности стальных магистральных трубопроводов, транспортирующих природный газ, нефть и нефтепродукты, установлены ГОСТ Р 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии». В соответствии с данным стандартом изоляционные покрытия таких элементов трубопроводов, как фасонные соединительные детали и запорная арматура, по своим характеристикам должны соответствовать основному покрытию труб. Учитывая тот факт, что основным антикоррозионным покрытием магистральных трубопроводов является трехслойное полиэтиленовое покрытие, подобрать соответствующие по своим характеристикам материалы для изоляции элементов трубопроводов сложной конфигурации — фасонных соединительных деталей, отводов, тройников, запорной арматуры — представляется весьма затруднительным. Связано это как раз с тем, что рассматриваемый стандарт является универсальным, в нем рассмотрены различные варианты способов защиты элементов трубопроводов без каких-либо конкретных указаний применения конкретной конструкции (структуры) покрытия в конкретных условиях для конкретного случая эксплуатации. Данное обстоятельство не столько упрощает, сколько усложняет проектным и строительным организациям выбор защитных покрытий для магистральных и промысловых трубопроводов.

Выходом из сложившейся ситуации стала разработка и введение в практику ряда отраслевых норм, утвержденных РАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть» [3]. Согласно разработанному отраслевым стандартам, испытания антикоррозионных покрытий проводят по более жестким требованиям в отличие от ГОСТ Р 51164-98. Помимо определения

исходных показателей свойств материала покрытия, предусмотренных при входном контроле, во внимание также принимаются и длительные эксплуатационные испытания в натуральных условиях на образцах-свидетелях, полученных в реальных заводских условиях по действующей технологии. Для защиты фасонных частей трубопроводов сложной конфигурации рекомендованы антикоррозионные материалы на основе эпоксидных и полиуретановых олигомеров импортного производства. Данные материалы относятся к классу лакокрасочных на органических растворителях и наносятся на защищаемую поверхность методами лакокрасочных технологий: способом пневматического и безвоздушного распыления. Их рекомендуется применять в заводских условиях при 2–4-кратном нанесении с промежуточной сушкой и окончательной толщиной покрытия не более 400 мкм. В случае необходимости получения покрытия большей толщины (1,5–2,5 мм) рекомендованы не содержащие органические растворители олигомерные композиции, как правило, представляющие собой высоковязкие двухкомпонентные быстротвердеваемые материалы, наносимые методом безвоздушного напыления с предварительным подогревом. Все внедряемые антикоррозионные материалы проходят обязательную проверку на соответствие заявляемым требованиям и требованиям отраслевых стандартов.

Для трубопроводов и их элементов, предназначенных для транспортировки воды и природного газа в условиях населенных пунктов (распределительные и городские сети), способы антикоррозионной защиты регламентированы ГОСТ 9.602-2005 «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии». В работе [4] данный документ довольно подробно рассмотрен и представлен в весьма положительном свете как документ, «призванный обеспечить внедрение более передовых методов противокоррозионной защиты, что позволит повысить надежность и безопасность эксплуатации, в первую очередь, трубопроводов газораспределительных сетей». Однако анализ представленного документа показал, что данный стандарт по предлагаемым в нем конструкциям защитных покрытий, а также техническим требованиям к ним мало чем отличается от ранее рассматриваемого ГОСТ Р 51164-98. В нем также в качестве покрытий усиленного типа рекомендованы к использованию материалы на основе эпоксидных и полиуретановых олигомеров со всеми выше обозначенными недостатками.

Опираясь только на требования к технико-эксплуатационным характеристикам покрытий, предъявляемые в представленных стандартах, можно констатировать, что не исключено использование материалов на основе полимерных и олигомерных пленкообразующих иной природы. Очевидно, что основные свойства полимерных материалов и композиций на их основе определяются преимущественно химической структурой основного полимерного компонента и, соответственно, его свойствами. Использование таких антикоррозионных покрытий позволит избежать вышеперечисленных недостатков, присущих лакокрасочным материалам эпоксидной и полиуретановой природы. На сегодняшний день в сложившихся экономических условиях наличие альтернативных импортным материалам отечественных покрытий наиболее предпочтительно со всех точек зрения.

Согласно представленным ГОСТам свойства антикоррозионных материалов определяются рядом физико-механических и технико-эксплуатационных показателей, позволяющих определить возможность использования тех или иных материалов. По данным работы [1], в технике антикоррозионной защиты фасонных деталей трубопроводов и арматуры используются преимущественно жидкие ЛКМ. Такие технологические решения в первую очередь связаны с получением покрытий методами лакокрасочных технологий. Этот технологический прием позволит наносить покрытие на поверхности практически любой конфигурации, повысить производительность труда, а также снизить вероятность образования нарушений сплошности покрытия за счет послойного перекрытия дефектов при нанесении. Кроме того, формирование покрытия таким способом, как правило, происходит при нормальных температурах: либо за счет удаления растворителя, с последующим физическим структурированием пленкообразующего полимера (Ван-дер-Ваальсовы силы), либо за счет межмолекулярной сшивки посредством химической реакции, с одновременным испарением растворителя из системы (химическое структурирование).

Защитные функции лакокрасочных покрытий при воздействии агрессивных сред различной природы зависят от скорости проникновения коррозионноактивных компонентов среды через покрытие к защищенной поверхности и степени адгезионного взаимодействия с поверхностью металла, определяющей скорость образования очагов коррозии [5]. В работе [6] представлена условная классификация лакокрасочных покрытий по механизму защитного действия и выделены три

основных типа: «адгезионный», «барьерный» и «смешанный». «Смешанный» механизм защиты наблюдается в основном у покрытий, работающих в агрессивных средах кислотного и щелочного характера. При значительной толщине антикоррозионного покрытия (от 3 мм) защита металла осуществляется по механизму «барьерного» типа, то есть полное препятствие проникновения агрессивной среды к защищаемой поверхности — пассивная защита. Аналогом такой конструкции покрытия является трех- и двухслойное полимерное покрытие на основе экструдированного полиэтилена или ленточное полимерное покрытие с липким слоем.

Получение покрытий такой толщины методами лакокрасочных технологий практически невозможно по следующим причинам: во-первых, ограничение толщины покрытия при однослойном нанесении привело бы к значительному увеличению количества наносимых слоев и, соответственно, увеличению времени технологического цикла антикоррозионных работ, во-вторых, при таких значениях толщины антикоррозионного покрытия высока вероятность растрескивания или отслаивания покрытия из-за высокого уровня внутренних напряжений [7]. Таким образом, система антикоррозионного покрытия для защиты элементов трубопроводов должна характеризоваться высоким уровнем адгезии к защищаемой подложке и отличными антидиффузионными свойствами, достигаемыми за счет увеличения толщины покрытия, оптимальное значение которой, как можно предположить, 0,8–1,0 мм. Снижение значения внутренних напряжений при такой толщине достигается путем использования в качестве пленкообразующего материала, обладающего свойством эластомера.

Другим, не менее важным преимуществом эластичных покрытий является высокая стойкость к воздействию абразива и механических нагрузок, что немаловажно в случае антикоррозионной защиты поверхности оборудования, подвергающегося абразиво-механическому воздействию в условиях подземной прокладки. Очевидно, что сам материал покрытия должен характеризоваться достаточно высокой и универсальной химической стойкостью в широком диапазоне pH к грунтам различной коррозионной активности. Кроме того, антикоррозионное покрытие должно обладать высокими диэлектрическими свойствами, то есть иметь достаточно высокое диэлектрическое сопротивление, обеспечивающее снижение до минимума или полное исключение действия блуждающих токов, а также повышенную гибкость токов. Последние

два требования удовлетворяются соответствующим подбором наполнителей и модифицирующих добавок.

В настоящее время существует ряд материалов, в той или иной степени способных выступить альтернативой используемым на сегодняшний день эпокси-уретановым ЛКМ в технике антикоррозионной защиты элементов трубопроводов. К ним относятся жидкие составы холодного отверждения на основе олигомеров с реакционноспособными группами, такие как: жидкие тиоколы, карбоцепные олигомеры с концевыми гидроксильными группами, латексные смеси на основе бутадиен-стирольных каучуков. Кроме того, в качестве аналога может быть использован хлорсульфированный полиэтилен. К сожалению, каждый из этих материалов обладает рядом недостатков, ограничивающих их промышленное применение.

Одними из наиболее перспективных материалов являются диенстирольные термоэластопласты (ТЭП), представляющие собой трехблочный сополимер стирола с бутадиеном, где концевые блоки макромолекул состоят из жесткого полистирола, а средние — из эластичного полибутадиена [8]. Карбоцепное строение блок-сополимера определяет инертность материала по отношению к агрессивным средам щелочного и кислотного характера. Полимерные пленки на основе термоэластопласта характеризуются высоким уровнем упруго-прочностных свойств.

В этом направлении фирмой «Константа-2», совместно с Волгоградским государственным техническим университетом, проведен ряд исследований в части разработки антикоррозионных покрытий, предназначенных для гуммирования из растворов сложных поверхностей, подвергающихся воздействию высокоагрессивных сред химической и биологической природы. В результате разработано антикоррозионное покрытие на основе химически структурированного диенстирольного термоэластопласта — «Констакор». Разработанный материал полностью соответствует требованиям к антикоррозионным покрытиям для защиты фасонных частей трубопроводов и запорной арматуры, эксплуатирующихся под землей:

- материал покрытия «Констакор» производится исключительно из компонентов российского производства;
- готовое покрытие характеризуется 100 % сплошностью, то есть обладает равномерностью изолирующего слоя по всей поверхности;
- характеризуется высоким уровнем упруго-прочностных свойств и высокоэластичностью, сохраняющимися при

хранении, транспортировке, монтаже и эксплуатации в широком интервале температур окружающей среды, устойчив к истиранию и не подвергается продавливанию в условиях воздействия грунта;

- имеет высокую адгезию к защищаемой металлической поверхности, что исключает перемещение почвенного электролита по защищаемой поверхности при местном нарушении целостности защитного покрытия;

- обладает высокой и универсальной химической стойкостью в широком диапазоне pH к грунтам различной коррозионной активности даже при повышенных температурах;

- не разрушается и не теряет защитных свойств при воздействии длительной катодной поляризации;

- материал покрытия устойчив к термическому старению и способен обеспечить защиту трубопроводов от коррозии в течение всего срока эксплуатации;

- обладает высокими диэлектрическими свойствами, грибостойкостью, низким уровнем влагопоглощения и кислородопроницаемости.

Благодаря разработанной технологии в процессе формирования покрытия помимо образования физических узлов сетки (полистирольные блоки) образуются химические по неопределенным связям полибутадиеновых блоков, что способствует значительному увеличению тепло- и термостойкости материала.

Антикоррозионный состав «Констакор» представляет собой двухкомпонентный материал, состоящий из жидкой основы (основной состав) и порошкообразного ускорителя. Состав может наноситься непосредственно на металл или на грунт «Констакор — Праймер» в зависимости от условий эксплуатации. Степень подготовки поверхности защищаемого металла — Sa 21/2 по ИСО 8501-1:1988. Рекомендуемая шероховатость поверхности 40–60 мкм. В таблице 1 представлены основные технологические характеристики покрытия «Констакор». В таблице 2 показаны основные физико-механические характеристики. Материал может наноситься и формироваться при минусовых температурах. Минимальная температура эксплуатации составляет -60 °С, в то время как температура хрупкости достигает -72 °С.

Одними из наиболее важных показателей антикоррозионных свойств полимерного покрытия являются его агрессивностойкость и антидиффузионные свойства, определяющие степень барьерной защиты подложки от проникновения коррозионноактивных компонентов. Лабораторные и промышленные испытания показали, что разработанный антикоррозионный состав «Констакор» не уступает по агрессивностойкости наиболее распространенному типу антикоррозионной защиты — оклейке рулонными материалами — и может эксплуатироваться в условиях воздействия высокоагрессивных грунтов в диапазоне температур до 90 °С, что гарантированно обеспечивает высокие антикоррозионные свойства в условиях эксплуатации магистральных и сетевых трубопроводов, эксплуатирующихся под землей.

Таким образом, применение технологии гуммирования из растворов в сфере защиты трубопроводной арматуры позволит получать покрытия не только не уступающие используемым, но значительно превосходящие их по ряду технико-эксплуатационных показателей.

Табл. 1. Основные технологические характеристики системы антикоррозионного покрытия на основе лакокрасочного состава «Констакор»

№	Наименование показателя	Значение	Примечание
1	Массовая доля нелетучих веществ, %	38±3	По ГОСТ 17537-72
2	Время высыхания до степени 3 при температуре 20±2 °С, ч	2	По ГОСТ 19007-73
3	Рекомендуемая толщина сухого покрытия, мкм	≥600	Общая толщина определяется условиями эксплуатации
4	Способ нанесения	Кисть, валик, безвоздушное распыление	
5	Рекомендуемые разбавители	Толуол, ксилол, Р-4	
6	Температура нанесения, °С	-20 – +45	
7	Практический расход, кг/м ²	≥ 2,2	
8	Количество слоев	≥ 6	
9	Вязкость по прибору типа ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм при температуре 20±0,5 °С), с Ручное нанесение (кисть, валик) Метод безвоздушного распыления	120–150 180–220	Необходимая вязкость достигается путем добавки в композицию разбавителя
10	Основные технологические параметры нанесения методом безвоздушного распыления: давление распыла, атм диаметр сопла, дюйм угол распыла, °	350–380 0,021–0,027 40–60	

Табл. 2. Техничко-эксплуатационные характеристики лакокрасочного состава «Констакор»

№	Наименование показателя	Антикоррозионный материал
		«Констакор — ТЭП»
1	Условная прочность в момент разрыва, МПа	1,0
2	Относительное удлинение в момент разрыва, %	700
3	Твердость, Шор А, усл. ед.	75–85
4	Прочность связи при отслаивании от стали Ст. 3, кгс/см	6,8
5	Температурный диапазон эксплуатации, С	-60 — +90
6	Температура хрупкости, С	-72

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Низьев С. Г. Современные защитные покрытия для фасонных соединительных деталей и задвижек трубопроводов // *Коррозия. Территория нефтегаз.* — 2006. — № 4. — С. 10–16.
2. Винокуров Г. Г., Первунин В. В., Крупин В. А., Винокуров А. Г. *Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений.* — Ростов н/Д.: Рост. Гос. строит. ун-т, 2003. — 124 с.
3. Низьев С. Г. К вопросу о выборе систем изоляционных покрытий для антикоррозионной защиты трубопроводов // *Коррозия. Территория нефтегаз.* — 2006. — № 9. — С. 10–16.
4. Кузнецова Е. Г., Горбачева Р. И. О новом межгосударственном стандарте ГОСТ 9.602-2005 «Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии» // *Коррозия территории нефтегаз.* — 2006. — № 11. — С. 8–11.
5. Елисаветский А. М., Елисаветская И. В., Ратников В. Н. *Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями* // ЛКМ. — 2000. — № 2–3. — С. 17.
6. Пятахин Л. И., Карякина М. И., Куварзин И. Н. Роль адгезии и проницаемости в защитном действии лакокрасочных покрытий. // ЛКМ. — 1971. — № 1. — С. 54–57.
7. Кудасов Б. К. Внутренние напряжения в эпоксидных покрытиях // ЛКМ. — 1976. — № 5. — С. 48–49.
8. Юдин В. П. *Синтез, свойства и применение изопрен-стирольных и бутадиен-стирольных термоэластопластов.* — М: ЦНИИТЭнефтехим, 1974. — 52 с.