

ТРЕХСЛОЙНОЕ ИЗОЛЯЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ ТРУБ: ВОПРОСЫ ОСТАЮТСЯ

УДК 620.197.6:678.019.3

В.В. Ерченков, к.х.н., заведующий лабораторией, e-mail: trizolen@mail.ru; **Е.А. Крылов**, научный сотрудник, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

В статье рассматривается проблема долговечности изоляционных покрытий трубопроводов, связанная с наличием в них внутренних напряжений.

Ключевые слова: полимерное покрытие труб, эпоксидная смола, внутренние напряжения, растрескивание.

Основным типом защиты трубопроводов от коррозии за последние 15–20 лет в России стала заводская двух- и трехслойная полимерная изоляция. Трубные заводы России для особо ответственных газонефтепроводов применяют заводскую трехслойную изоляцию, предложенную в середине 80-х годов прошлого столетия немецкими компаниями MANNESMAN и BASF.

Введение в двухслойное покрытие дополнительного третьего слоя на основе эпоксидной смолы позволило трубной компании MANNESMAN без применения запрещенной в Германии операции хроматирования поверхности труб перед нанесением полимерного покрытия улучшить стойкость покрытия к катодному отслаиванию. К настоящему времени период эксплуатации трубопроводов с трехслойной заводской изоляцией в России приближается к регламентному тридцатилетнему сроку. В открытых источниках данные по обследованию состояния трехслойного покрытия в различные периоды эксплуатации отсутствуют.

Как уже отмечалось нами ранее [1], совмещение в единой полимерной конструкции полимеров различного типа термо- и реактопластов может иметь определенные ограничения.

Важнейшим показателем качества изоляционных покрытий является их долговечность, т.е. способность выполнять основную защитную функцию, служить барьером для проникновения окружающей агрессивной среды к поверхности металла.

Долговечность полимерных покрытий зависит от множества факторов: температуры эксплуатации покрытия, состава окружающей агрессивной среды, микробиологического воздействия, механических нагрузок и пр. Одним из важнейших факторов, влияющих на долговечность полимерных покрытий, является возможность возникновения в них внутренних напряжений, способных в определенных условиях приводить даже к разрушению покрытия [2, 3, 4, 5].

«Внутренние напряжения являются критерием долговечности полимерных покрытий и вызывают их самопроизвольное коробление и разрушение как на стадии производства, так и в процессе эксплуатации... Внутренние напряжения, возникающие при формировании покрытий, оказывают существенное влияние на механические, адгезионные, электрофизические, теплофизические и другие свойства покрытий и являются критерием, определяющим их долговечность» [5]. В работах [2, 3] отмечается, что дли-

тельное воздействие внутренних напряжений на материал покрытия с учетом временной зависимости прочности покрытия может приводить к его разрушению.

Причины возникновения внутренних напряжений в полимерных покрытиях различны.

Двух- и трехслойные заводские полимерные покрытия наносятся в расплавленном состоянии при температуре 180–220 °С на поверхность трубы, также нагретой до температуры 180–220 °С, после чего следует резкое охлаждение покрытия до 60–70 °С. При этом из-за значительного различия (более чем на порядок) в коэффициентах линейного термического расширения стали и наносимого на нее полимерного материала и высокой скорости охлаждения в покрытии могут возникнуть значительные внутренние напряжения.

В трехслойном покрытии еще одной причиной возникновения внутренних напряжений может стать наличие эпоксидного слоя, полимеризующегося в процессе получения изоляционного покрытия. «Работоспособность эпоксидных материалов определяется не только механическими свойствами, но и их изменением при отверждении и изменении температуры» [6].

Таблица. Величина адгезии двух - и трехслойного покрытий

Наименование показателей	Двухслойное покрытие	Трехслойное покрытие
Исходная адгезия при 20 °С, Н/см	200 (ког.)*	250 (адг.)*
Адгезия после 365 суток выдержки в воде, Н/см		
• при 20 °С	155 (ког.)	215 (адг.)
• при 60 °С	70 (ког.)	–

* Характер отрыва: (ког.) – когезионный, (адг.) – адгезионный.

Известно, что эпоксидные материалы отличаются наибольшей склонностью к проявлению высоких внутренних напряжений. Для максимального снижения этих проявлений при полимеризации эпоксидных материалов применяются сложные температурно-временные схемы с постепенным подъемом температуры с временными интервалами, длящимися часами, а иногда и сутками, с последующим плавным снижением температуры.

В существующей поточной технологии нанесения трехслойного покрытия на трубы реализация таких схем в принципе невозможна. Весь процесс от момента напыления порошковой эпоксидной краски на трубу до полного завершения полимеризации длится десятки секунд с последующим резким охлаждением.

В работе [7] отмечается, что в зависимости от скорости охлаждения эпоксидного материала от исходной температуры 200 °С в 2,5°/мин. или 10°/мин. внутренние напряжения в нем возрастают от 0 до 0,6 МПа и от 0 до 3МПа соответственно. На существующих промышленных линиях скорости охлаждения в разы выше.

Ситуация осложняется еще и тем, что эпоксидный слой находится в меж-



слойном пространстве между поверхностью трубы и адгезионным слоем, температура которых не совпадает, в результате чего скорость процесса полимеризации на нижней и верхней поверхностях эпоксидного слоя будет различной, что также создает условия для возникновения внутренних напряжений. В паспортных данных на порошковые эпоксидные краски компании-поставщика указывают, что при изменении температуры всего на 5°, от 200 до 205 °С, время гелеобразования сокращается почти вдвое, например, для краски RESICOAT R-726LD (комп. AKZO NOBEL) с 35–45 до 20–30 сек, реальные же различия в температурах поверхности трубы и адгезива существенно больше.

Влияние контактирующих с эпоксидным слоем поверхностей этим не ограничивается. В работах [5, 8] отмечается, что в процессе отверждения эпоксидного материала в тесном контакте с какой-либо поверхностью эта поверхность будет существенным образом влиять на эпоксидный материал с формированием в нем «граничных слоев» с отличными по сравнению с основным материалом свойствами, что в конечном счете также способствует возникновению внутренних напряжений. Возникновение внутренних напряжений в эпоксидном слое покрытия в итоге приводит к появлению механических напряжений, образованию микротрещин, их росту и впоследствии – к разрушению материала [4, 9].

С учетом всего вышеизложенного при наличии большого числа отрицательных технологических факторов, способствующих появлению внутренних напряжений, представляет интерес оценить возможность их проявления. Поставлен опыт с длительным (365 суток) нахождением двух- и трехслойного изоляционного покрытия в водной среде при температурах 20 и 60 °С. Изготовленные для опыта образцы представляли собой сталь-



КЗИТ
КОПЕЙСКИЙ ЗАВОД
ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ

ООО «Копейский завод изоляции труб»

15 лет работы на рынке

ООО «Копейский завод изоляции труб» осуществляет такие виды деятельности как

- Нанесение антикоррозионных покрытий (двух- и трёхслойных) на основе экструдированного полиэтилена на наружную поверхность стальных труб диаметром 57-1420 мм.
- Нанесение любых лакокрасочных покрытий на внутреннюю поверхность стальных труб диаметром до 1420 мм. Для покрытия используется широкий ассортимент современных материалов на основе эпоксидных, полиуретановых и цинконаполненных композиций.
- Изготовление гнутых отводов методом холодного гнутья из стальных труб (в том числе из предварительно заизолированных с двух-, трёхслойным покрытием) диаметром от 219 до 1420 мм.
- Изготовление свай и опор из стальных бесшовных и электросварных переосвидетельствованных труб, диаметром до 1420 мм включительно из углеродистых и низколегированных сталей. Предназначаются для использования в строительстве в качестве свай фундаментов и крепления котлованов, опор освещения, подпорных стенок, рекламных стоек.
- Восстановление труб для повторного применения:
 - очистка от наружной изоляции труб б/у диаметром
 - внутренняя очистка труб б/у диаметром
 - механическая торцовка концов труб диаметром
 - ремонт коррозионных дефектов.
- Освидетельствование труб с проведением гидроиспытаний давлением до 100 атмосфер в собственной аттестованной лаборатории. Лаборатория оснащена современным оборудованием отечественного и импортного производства.



ные пластины размером 80x80x2 мм. Пластины с обеих сторон очищались до степени Sa 2½ (ISO 8501-1) и хроматировались типовым составом хроматного раствора. Перед нанесением покрытия пластины, как и наносившиеся на них покрытия, нагревались до 200 °С. На одну сторону пластин наносилось двухслойное покрытие, состоявшее из адгезива Trizolen 190 (компания LEUNA EuroKommerz, Германия), толщиной 200 мкм и верхнего слоя на основе полиэтилена Vorcoat HE 3450 (компания Borealis, Дания) толщиной 1,7 мм. На противоположную сторону наносилось трехслойное покрытие, состоявшее из эпоксидного слоя на основе одной из широко применяемых на трубных заводах порошковых эпоксидных красок толщиной 130±20 мкм, адгезива Trizolen 200U (LEUNA EuroKommerz) толщиной 200 мкм и полиэтилена той же марки, что и на двухслойном покрытии, толщиной 1,7 мм. Полиэтиленовые слои с обеих сторон заходили за края стальных пластин на 6 мм и проваривались по всему периметру пластин, образуя глухой конверт.

Всего таких пластин было изготовлено 9 штук, по три на каждый вид испытания. На трех из приготовленных пластин в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164-98 определялась исходная адгезия, значения которой, как и другие результаты опыта, приведены в таблице. Остальные пластины помещались в два термостата. Одна группа – в термостат с дистиллированной водой с температурой 20 °С, другая – в термостат с температурой 60 °С. Из-за технических возможностей термостат с температурой 60 °С на выходные и праздничные дни отключался, и температура в нем опу-



скалась до комнатной. Всего таких отключений за 365 суток было 63. Вместе с тем такой режим испытания ближе к реальным естественным условиям эксплуатации, связанным с суточными и сезонными колебаниями температуры трубопровода.

После окончания опыта (365 суток) на всех образцах определялась величина адгезии, значения которой приведены в таблице. В таблице представлены средние значения из трех измерений по каждому виду испытаний.

Как видно из приведенных в таблице 1 результатов, нахождение образцов в воде при постоянной температуре 20 °С даже в течение 365 суток и для двухслойной изоляции (снижение исходной величины адгезии на 22,5%) и для трехслойной изоляции (снижение на 14%) удовлетворяют требованиям как ГОСТ Р 51164-98 и ГОСТ 9.602-05, так и отраслевым требованиям (СТО Газпром 2-2.2-130-2007; ОТТ-25.220.01-КТН-212-10. ОАО «АК «Транснефть»).

Величина адгезии двухслойного покрытия после нахождения в воде при температуре 60 °С удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 51164-98. Измерить величину адгезии трехслойного покрытия при переменной температуре

60 °С не удалось, т.к. при приложении усилия отрыва эпоксидный слой осыпался как с поверхности металла, так и с поверхности внутреннего слоя покрытия в виде чешуек размером 0,5–1,5 мм.

С учетом ранее изложенного разрушение эпоксидного слоя можно объяснить только возникновением в нем высоких внутренних напряжений, превысивших его прочностные характеристики. Полученный результат на трехслойном покрытии предполагает необходимость более детальных исследований его свойств в усложненных условиях эксплуатации. Необходимо отметить, что полученные в настоящей работе результаты, как и приведенные выше результаты многочисленных обширных исследований по эпоксидным материалам, получены в лабораторных условиях и не всегда могут быть сопоставимы с реальными эксплуатационными условиями. Необходимы систематические, за различные периоды времени наблюдения за изменениями свойств двух- и трехслойных изоляционных покрытий в реальных эксплуатационных условиях. Трубы с заводской изоляцией первенца заводской изоляции труб в СССР – Харцызского трубного завода (Украина), как и трубы, поставляющиеся в СССР компанией MANNESMAN (ФРГ), с известным составом покрытий эксплуатируются около тридцати лет, сроком, условно принятым как регламентный.

Только анализ изменений свойств этих покрытий за длительный период их эксплуатации может и должен стать основой совершенствования нормативной базы заводских полимерных изоляционных покрытий труб.

Литература:

1. Ерченков В.В., Крылов Е.А. Об особенностях двух- и трехслойной заводской изоляции труб // Нефть, газ, строительство. – 2001. – № 1. – С. 82–84.
2. Санжаровский А.Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий. – М.: Химия, 1978. – С. 183.
3. Самойлович А.Г., Протасова И.В., Мурадов А.В. Напряженное состояние полимерных покрытий промысловых резервуаров и трубопроводов // Нефтяная и газовая промышленность. – М.: ВНИИОЭНГ, 1990. – Вып. 11.
4. Котляр Н.А., Задонцев Б.Г. Композиционные материалы на основе эпоксидных олигомеров и ненасыщенных олигоэфиров. – М.: НИИТЭХИМ, 1980. – С. 86.
5. Зубов П.И., Сухарева Л.А. Структура и свойства полимерных покрытий. – М.: Химия, 1982. – С. 255.
6. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – С. 232.
7. Кудасов Б.К. Внутренние напряжения в эпоксидных покрытиях // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1976. – № 5. – С. 48.
8. Розенберг Б.А., Олейник Э.Ф. Образование, структура и свойства эпоксидных матриц для высокопрочных композитов // Успехи химии. – 1984. – Т. 53. – Вып. 2. – С. 273–289.
9. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. – М.: Госхимиздат, 1963. – С. 528.