

Оценка долговечности внутренних покрытий промышленных трубопроводов

Наконечная К.В.¹, Елагина О.Ю.¹

¹ *Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский институт) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация*

Работа посвящена исследованию внутренних защитных покрытий нефтегазопромысловых трубопроводов. В работе рассмотрены требования к качественным показателям внутренних защитных покрытий в зависимости от условий эксплуатации. Выполнены сравнительные испытания фрагментов труб с внутренним защитным покрытием в соответствии с требованиями нормативной документации. Результаты работы использованы при формировании корпоративного Реестра российских производителей труб с внутренним защитным покрытием.

Ключевые слова: Автоклав, промышленные трубопроводы, внутренние покрытия, адгезия.

По статистике одной из распространенных проблем промышленных трубопроводов является коррозия и коррозионно-механический износ, для снижения этих показателей наносят различные защитные внутренние покрытия. Но поскольку отличительной особенностью при работе промышленных трубопроводов является многократно повторяемые сброс давления, который приводит к таким последствиям как отслаивание и вздутие покрытий. Тем самым возникает необходимость оценки долговечности этих покрытий.

В работе исследовалась стойкость внутреннего антикоррозионного защитного покрытия промышленных труб к длительному воздействию эксплуатационных сред и технологических жидкостей при рабочей температуре плюс 80 °С. В качестве оценочного показателя деградации свойств внутренних покрытий использовалась адгезионная прочность на отрыв.

Испытания были проведены на сегментах труб с внутренним защитным покрытием размером 150 мм и толщиной стенки трубы до нанесения покрытия не менее 4 мм. Так как действие различных коррозионной среды оказывает разное по интенсивности деградирующее воздействие на материал покрытия, то при проведении испытаний были выделены несколько групп модельных сред [1].

В1 - Вода дистиллированная (плюс 80±3 0С), выдержка 1000 ч

В2 - Имитатор нефтепродуктов - смесь 50 % о-ксилола и 50 % толуола (плюс 20 ± 3 0С), выдержка 1000 ч

В3 - Кислота соляная – раствор с массовой долей 10% (плюс 50 ± 3 0С), выдержка 24 ч

В4 - Пар водяной (плюс 100 ± 3 0С), 15 циклов по ГОСТ 9.409, метод В

В5 - Водный раствор натрий хлор с массовой долей 5% + газовая фаза CO₂ под давлением ($2,0 \pm 0,5$) МПа + N₂ под давлением ($3,0 \pm 0,5$) МПа, выдержка 240 ч, сброс давления не менее 10 мин

В6 - Водный раствор натрий хлор с массовой долей 5% + газовая фаза CO₂ под давлением ($5,0 \pm 0,5$) МПа + N₂ под давлением ($3,0 \pm 0,5$) МПа, выдержка 24 ч, сброс давления не более 5 с

В7 - Среда воздушная плюс 60 ± 3 0С до минус 60 ± 3 0С (15 циклов) по ГОСТ 27037

После завершения времени выдержки образцы извлекались из испытательной среды, высушивались фильтровальной бумагой и оценивались по состоянию внешнего вида покрытия, при котором не допускаются разрушения: образование пузырей, растрескивание, отслаивание, коррозия металла.

Анализ результатов испытаний стойкости внутренних покрытий к действию различных сред показал, что наиболее агрессивное воздействие оказывает декомпрессия газожидкостной среды. Это воздействие проявляется в появлении пузырей и вздутий покрытия и вызывает существенное снижение адгезии, определяемой методом нормального отрыва. Обобщение данных по изменению среднего значения адгезии, полученных на образцах с разным временем выдержки приведено на рисунке 1.

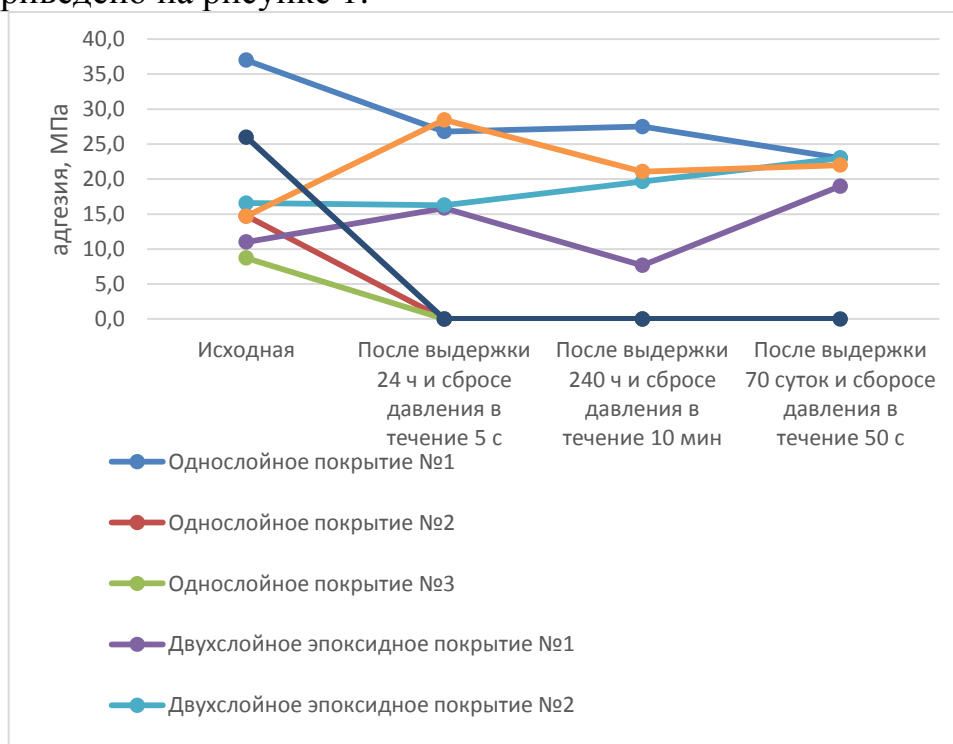


Рисунок 1. Изменение адгезии покрытия в зависимости от времени выдержки в 5% NaCl при температуре плюс 80⁰С и условий декомпрессии

Из полученных данных следует, что исходные значения адгезии не определяют уровень стойкости внутреннего покрытия к выдержке и последующей декомпрессии. При выдержке при температуре +80 °С значения адгезии для покрытий из порошковых материалов увеличивались по сравнению с исходными характеристиками, что возможно связано с протеканием завершающих стадий процесса полимеризации.

Важным результатом исследований является тот факт, что отсутствие отслаивания после декомпрессии показали только двухслойные покрытия с грунтовочным слоем.

Анализ полученных в ходе эксперимента данных показывает, что воздействие дистиллированной воды при +80 °С в течение 1000 ч (метод В1) на двухслойные эпоксидные покрытия приводит к росту показателей адгезии. Однослойные жидкие эпоксидные покрытия при такой выдержке наоборот показывают тенденцию к снижению этого показателя.

Выдержка в имитаторе нефти (метод В2) также оказала отрицательное воздействие на адгезию однослойных систем АКП, снизив этот показатель для ряда систем на 20-50%. Для двухслойных систем АКП адгезия после выдержки В2 выросла от 3% до 163%.

Практически все покрытия, за исключением одной системы АКП, не зависимо от их состава и количества слоев, показали высокую стойкость к действию раствора кислоты (метод В3) и циклической обработке паром (метод В4).

Влияние термоциклических воздействий (метод В7) на адгезию покрытия проявилось в наименьшей степени, вызвав снижение у ряда систем в пределах 13%.

Таким образом, по результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее агрессивное воздействие на адгезию покрытия, определяемую методом нормального отрыва, оказывает декомпрессия газожидкостной среды.

2. Увеличение длительности выдержки до 70 суток не привело к существенному снижению адгезии по сравнению с результатами испытаний после выдержки 24 часа и 10 суток.

3. Отсутствие отслаивания после декомпрессии показали только двухслойные покрытия с грунтовочным слоем. Все исследованные однослойные покрытия не выдержали испытаний на декомпрессию как при краткосрочной выдержке и быстром сбросе давления, так и при длительной выдержке и медленном сбросе давления.

4. Однослойные покрытия показали существенное снижение адгезии по сравнению с исходным уровнем после выдержки в имитаторе нефти (метод В2) и в дистиллированной воде при +80 °С (метод В1). При этом для двухслойных систем АКП адгезия после этих методов выдержки адгезия выросла по сравнению с исходным уровнем.

5. Практически все системы АКП как однослойные, так и двухслойные показали высокую стойкость к действию раствора кислоты (метод В3),

циклической обработке паром (метод В4) и термоциклическим воздействиям (метод В7).

6. При оценке стойкости систем АКП к воздействиям различных сред по показателю адгезии необходимо установить фиксированное минимальное предельно допустимое значение адгезии после выдержки 7,0 МПа и проводить выбраковку систем АКП по этой величине, а не по проценту снижения относительно исходного уровня.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 58346-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Трубы и соединительные детали стальные для нефтяной промышленности. Покрытия защитные лакокрасочные внутренней поверхности. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2019. 22 с.

2. ГОСТ 27037-86. Материалы лакокрасочные. Метод определения устойчивости к воздействию переменных температур. М.: Стандартинформ, 2015, 4 с.

3. ГОСТ 9.409-88. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию нефтепродуктов. М.: Стандартинформ, 1989, 15с.