

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Бекбаулиева А.А., Эпштейн А.Р., Подъяпольский А.И.
ГУП «ИПТЭР»

Мугатабарова А.А.
ООО «ОЗНА-Менеджмент»
mugatabarova.aa@ozna.ru

Использование методов электрохимического воздействия для снижения внутренней коррозии как варианта протекторной защиты с использованием ионной связи между электродами позволяет формировать защитную пассивирующую плёнку, блокирующую доступ электролита к поверхности трубопровода.

Ключевые слова: *коррозия трубопроводных систем, методы защиты от коррозии, катодная защита*

По условиям эксплуатации трубопровод, как правило, воспринимает одновременное воздействие механических нагрузок (деформаций), износа и коррозионно-активных сред. Такое совместное воздействие вызывает ускоренное коррозионно-механическое разрушение трубопроводов в виде общей механохимической коррозии, коррозионного растрескивания, коррозионной усталости и др., которое значительно интенсифицируется под влиянием полей блуждающих токов [1].

В связи с этим проблема обеспечения безопасной эксплуатации технологических трубопроводных систем во многом становится проблемой повышения их коррозионно-механической прочности. Совершенствование методов защиты требует разработки превентивных методов и технических средств её повышения. На предприятиях отрасли разрабатываются новый ресурсосберегающий метод и средства обеспечения безопасной эксплуатации и долговечности промышленных и технологических трубопроводов, подверженных «канавочному» износу на основе повышения их коррозионной стойкости, коррозионно-механической прочности и эффективности активных методов электрохимической защиты от коррозии за счет формирования на нижней внутренней поверхности промышленных и магистральных трубопроводов возобновляемой твёрдой пассивирующей оксидной плёнки малой шероховатости.

Промысловые нефтегазопроводы, транспортирующие водонефтяную эмульсию при невысокой обводнённости и малых скоростях движения смеси, разрушаются за 1...2 года. Скорость коррозии составляет 3...5 мм/год, иногда 18...20 мм/год. Практика подтверждает также высокую корреляцию зависимости скорости коррозии от режима движения смеси. Начало подъёмных участков подвержено наиболее активной эрозии вследствие того, что здесь происходит накопление твёрдых частиц и циклическое их перемещение вверх и вниз по течению смеси в зависимости от фаз цикла накопления жидкости в подъёмных участках трубопровода.

В качестве антикоррозионной защиты наиболее часто в трубопроводном транспорте нефтегазовой отрасли применяется катодная и протекторная защита. При протекторном методе защиты внешний источник тока не требуется. Для реализации протекторной защиты анод закрепляется на защищаемой конструкции так, чтобы образовался электрический (металлический) контакт. В получаемой гальванической паре защищаемая конструкция (сталь) становится катодом. Анодный материал подвергается коррозии, поэтому протекторы необходимо периодически обновлять или заменять. В качестве анода используются металлы с более отрицательным потенциалом, чем у стали (анодные протекторы), основное требование к материалу протектора состоит в том, что он должен поляризовать сталь до такого потенциала, при котором коррозия незначительна или отсутствует совсем [2].

В феврале - марте 2006 г. на производственной базе филиала «Уфа-газ» проведены стендовые испытания на замкнутом участке трубопровода по оценке эффективности защиты материала труб от внутренней коррозии.

На рис. 1 изображён измерительный стенд, смонтированный на производственном участке филиала «Уфа-газ» г. Уфы. В качестве образца была выбрана труба диаметром 100 мм, толщиной 3 мм и длиной 2500 мм, материал трубы – Ст3. В качестве насоса применялся электроцентробежный насос ЦНС-10, давление в процессе испытаний составляло 2,5 кг/см² (0,25 МПа). Использовалась емкость расширительного бака 1,5 м³, в качестве жидкости – вода с минерализацией 20 г/л.

Методика снятия поляризационных кривых являлась стандартной и соответствовала РД.

Принципиальная схема станда приведена на рис. 2.



Рисунок 1. Фотография станда для изучения скорости коррозии участка трубопровода

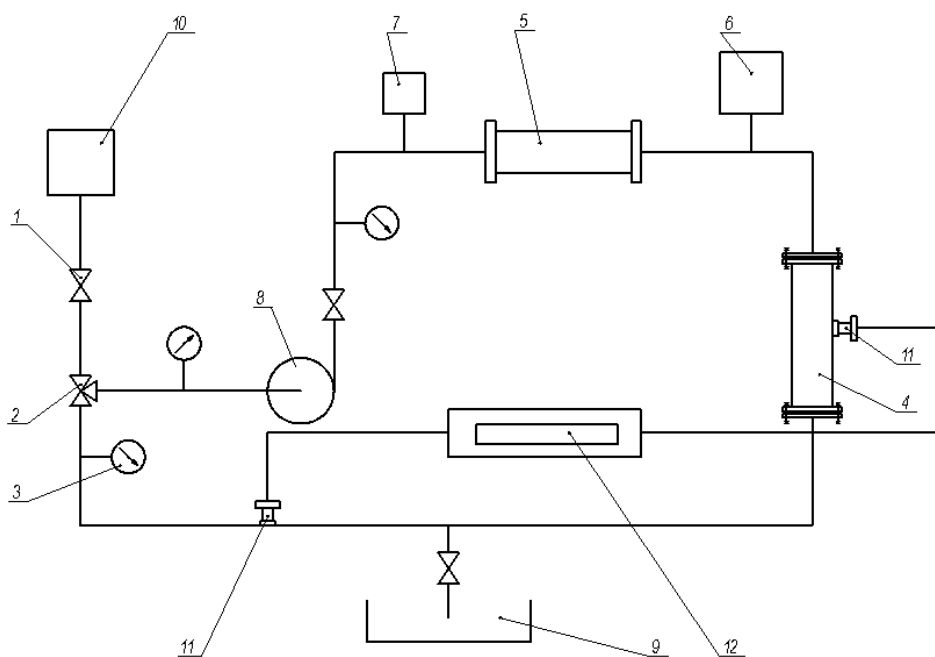


Рисунок 2. Схема станда:

1 – задвижка, 2 – вентиль, 3 – манометр, 4 - антикоррозионный модуль,
 5 - контрольный участок, 6, 7-термометры, 8 – насос, 9 – дренаж,
 10 - буферная ёмкость 2 м³, 11 - датчики «Монитор-2», 12 - пульт «Монитор-2»

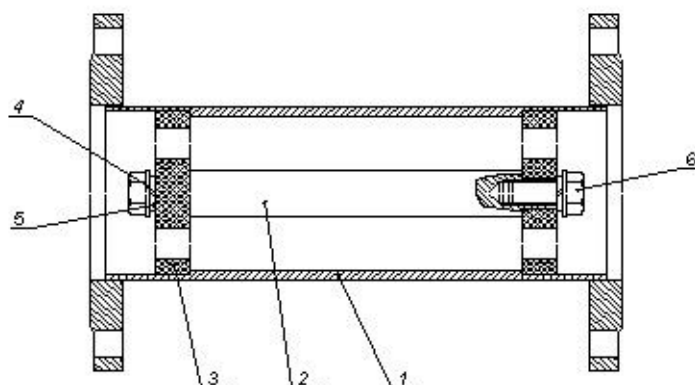
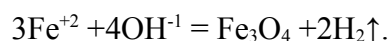


Рисунок 3. Анतिकоррозионный модуль

На рис. 3 изображён антикоррозионный модуль [3], являющийся основным элементом стенда и предназначенный для предотвращения нефтепромысловых трубопроводов от внутренней коррозии. Он состоит из корпуса с фланцами – 1, «жертвенного» электрода – 2, выполненного из магниевого сплава МА-5, диэлектрического центриатора – 3, шайбы – 4 и стягивающих элементов болтов – 5 и 6. Устройство работает следующим образом. Под действием сформированного гальванического источника (железо-магний элемент) происходит электролиз воды эмульгированной в нефти. За счёт электрохимических реакций (кроме катодной поляризации защищаемого оборудования) обеспечиваются условия для образования защитной плёнки магнетита по выражению:



Вещества, способствующие возникновению на металле защитной плёнки, носят название пассивирующих агентов. Для железа хорошим пассивирующим агентом служат ионы ОН. Таким образом, в результате электролиза на поверхности металла образуется тончайшая плёнка слоя окиси, препятствующая дальнейшему окислению. Существование таких «оксидных плёнок» доказано различными методами: поляризацией отражённого света, рентгенографическим путём и др. При некоторых условиях возможно образование плёнок магнетита и известковых отложений в таком сочетании, что дефекты трубопровода будут полностью заблокированы. Блокировка этих дефектов означает, что нет доступа электролита к защищаемому сооружению, а следовательно, нет условий для развития коррозии.

Возможность образования хорошо проводящего гладкого покрытия достаточной толщины силы притяжения снижают настолько, что сдвиговые напряжения срывают частицы солей, парафинов, гидратов и продуктов коррозионного износа с внутренней поверхности трубопровода, обеспечивая разрушение загрязнений, их отрыв от стальной поверхности оборудования и облегчая их удаление восходящим потоком лифтируемой жидкости, а также поверхностно-активными веществами, образующихся в процессе электролиза воды. Одновременно на очищенной стальной поверхности образуется защитная, с малой шероховатостью, пассивирующая плёнка магнетита Fe_3O_4 , обеспечивающая иммунитет от коррозии и устранение дефектных зон вдоль колонны.

В результате испытаний на стенде обнаружено, что на внутренней поверхности защищаемой конструкции отмечено образование черной плёнки, образовавшейся в результате действия протекторной защиты. При отсутствии протекторной защиты цвет поверхности НКТ меняется за счет красной ржавчины (гематита), которая указывает на активный процесс коррозии. Собранные образцы коррозионных отложений на НКТ были подвергнуты рентгеноскопическому анализу. Как оказалось, основным компонентом пленки, образующейся под действием катодной защиты, является магнетит (Fe_3O_4). Формируемая пленка окисла придает пассивность стали, доступной коррозии или катодным реакциям, обеспечивая иммунитет от коррозии. Образование пленок магнетита ведёт к блокировке дефектов поверхности и означает, что нет доступа электролита к поверхности, а следовательно, нет условий для развития коррозии.

При катодной (протекторной) защите, в случае ионной связи между электродами, имеют место четыре электрохимические реакции: растворение протектора, восстановление растворенного кислорода, электролиз свободной воды и образование оксидной плёнки (магнетит). Как показали проведённые лабораторные исследования, электролитическое воздействие приводит к появлению газовых пузырьков малого радиуса на поверхности защищаемого металла, с электрически заряженной поверхностью и, тем самым, устойчивых к схлопыванию. Благодаря таким свойствам пузырьки, образовываясь и всплывая по поверхности трубопровода, захватывают частицы твёрдых отложений и, внедряясь в АСПО, разрушают их. Это объясняет повышенный вынос АСПО и продуктов коррозии, связанный с

отмывом имеющихся отложений при установке протекторов в действующий трубопровод.

Учитывая, что электрическое сопротивление оксидной плёнки значительно больше сопротивления чистого металла, большая часть тока, шунтируя защищённые оксидной плёнкой участки поверхности, потечёт к новым участкам стальной поверхности, тем самым обеспечивая защиту более удалённых участков от места расположения протектора. Очищающий и защитный эффекты проявляются на внутренних поверхностях трубопровода, имеющего достаточный электрический потенциал и зависят от многих параметров среды: её плотности, температуры, вязкости, рН, содержания газа, наличия механических включений, давления и других факторов.

Результаты исследований отложений внутри трубы диаметром 100 мм и длиной 2500 мм показали, что они расположены неравномерно по площади. На всех участках отложения наблюдались в виде ровного слоя темно-коричневого цвета с выступающими блестящими кристаллами гипса. Форма кристаллов гипса свидетельствует, что их рост произошёл в воздушной среде. Часть отложений была механически удалена с поверхности трубы до металла пластмассовым шпателем. Поверхность металла под отложениями оказалась не нарушена и покрыта гладкой плёнкой черного цвета. Состав плёнки на металле определить на имеющемся оборудовании не оказалось возможным. На контрольном образце участка трубопровода отмечено образование рыхлых соединений бурого цвета.

На рис. 4 отмечено изменение скорости коррозии внутренней поверхности участка стэнда относительно контрольного на 12...15 %.

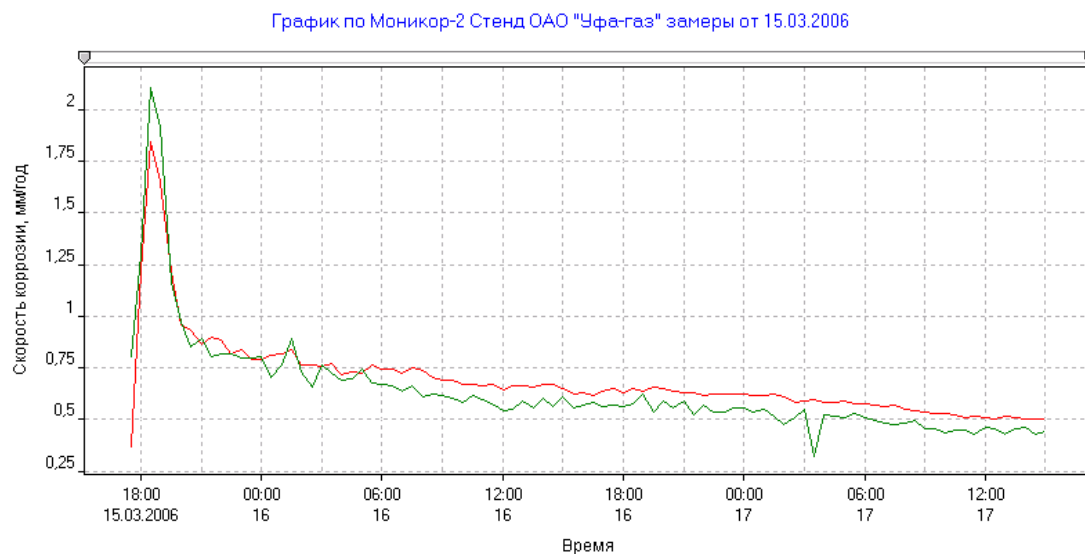


Рисунок 4. Изменение скорости коррозии внутренней поверхности участка фрагмента трубопровода относительно контрольного

Выводы

1. Использование методов электрохимического воздействия для снижения внутренней коррозии как варианта протекторной защиты с использованием ионной связи между электродами, позволяет формировать защитную пассивирующую плёнку, блокирующей доступ электролита к поверхности трубопровода.

2. Результаты исследований показывают, что использование электрохимических методов снижения скорости коррозии в течение за 36 ч позволило снизить её на 12...15 %.

Литература

1. Улиг Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней // Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./ Под. ред. А.М. Сухотина. - Л.: Химия, 1989.- Пер. изд., США, 1985. - 456 с.

2. Томашов Н.Д., Чернова Д.П. Теория коррозии и коррозионно – стойкие сплавы. - М.: Металлургия, 1986. -360 с.

3. Патент №2339868 РФ, МКП7 F16L058/00 C23F013/02. Устройство защиты нефтепромысловых трубопроводов от внутренней коррозии. - 2006125901/03. заявл. 17.07.2006, опубл. 27.11.2008, бюл. №33.