



ТРУБЫ С ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ ФУТЕРОВКОЙ ДЛЯ СЕТЕЙ НЕФТЕСБОРА И СИСТЕМ ППД НА ЗАВОДНЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

РОЗЕН Юрий

Менеджер по развитию продукции
Маннесманн Лайн Пайп

Задача коррозионной защиты нефтесборных трубопроводов, обусловленная высокой коррозионной активностью сырой нефти, традиционно остается предметом многочисленных исследовательских работ, ведущихся повсеместно в интересах нефтедобывающих компаний. Актуальность данной проблемы значительно повышается на стадии перехода от первичных способов нефтедобычи к применению методов повышения нефтеотдачи, позволяющих значительно увеличить объемы добываемой нефти. В настоящее время значительное количество месторождений, находящихся длительное время в эксплуатации в различных регионах мира, разрабатывается с использованием заводнения или обратной закачки пластовых вод.

Специалисты компании Маннесманн Лайн Пайп, опираясь на успешный опыт в коммунальной сфере, предложили при работе с агрессивными средами применять трубы с цементно-песчаной футеровкой. Данный тип труб отличается повышенной химической стабильностью, высокими прочностными характеристиками и абразивной стойкостью.

Рис. 1. Прокладка труб ДУ300+ДУ400 с ЦПФ и раструбными соединениями в Розегге, Австрия, 1998 г.



Широкое распространение вторичных способов нефтедобычи, в том числе заводнения, обусловлено тем, что они при правильной реализации позволяют удвоить объем извлекаемых углеводородов. Однако при использовании заводнения значительно изменяются свойства транспортируемой среды, что делает актуальной проблему разработки технических решений, обеспечивающих долгосрочную службу технологического оборудования, в том числе трубопроводных систем.

Водонефтяные эмульсии содержат значительное количество высокоминерализованной воды, а также растворенных химически активных газов и абразивных механических примесей. В связи с этим прогнозирование надежности применяемой коррозионной защиты осуществляется с учетом способности последней предотвратить контакт коррозионно-активных компонентов с поверхностью стали, а также сопротивляемости материала коррозионной защиты воздействию агрессивных компонентов среды и абразивному износу.

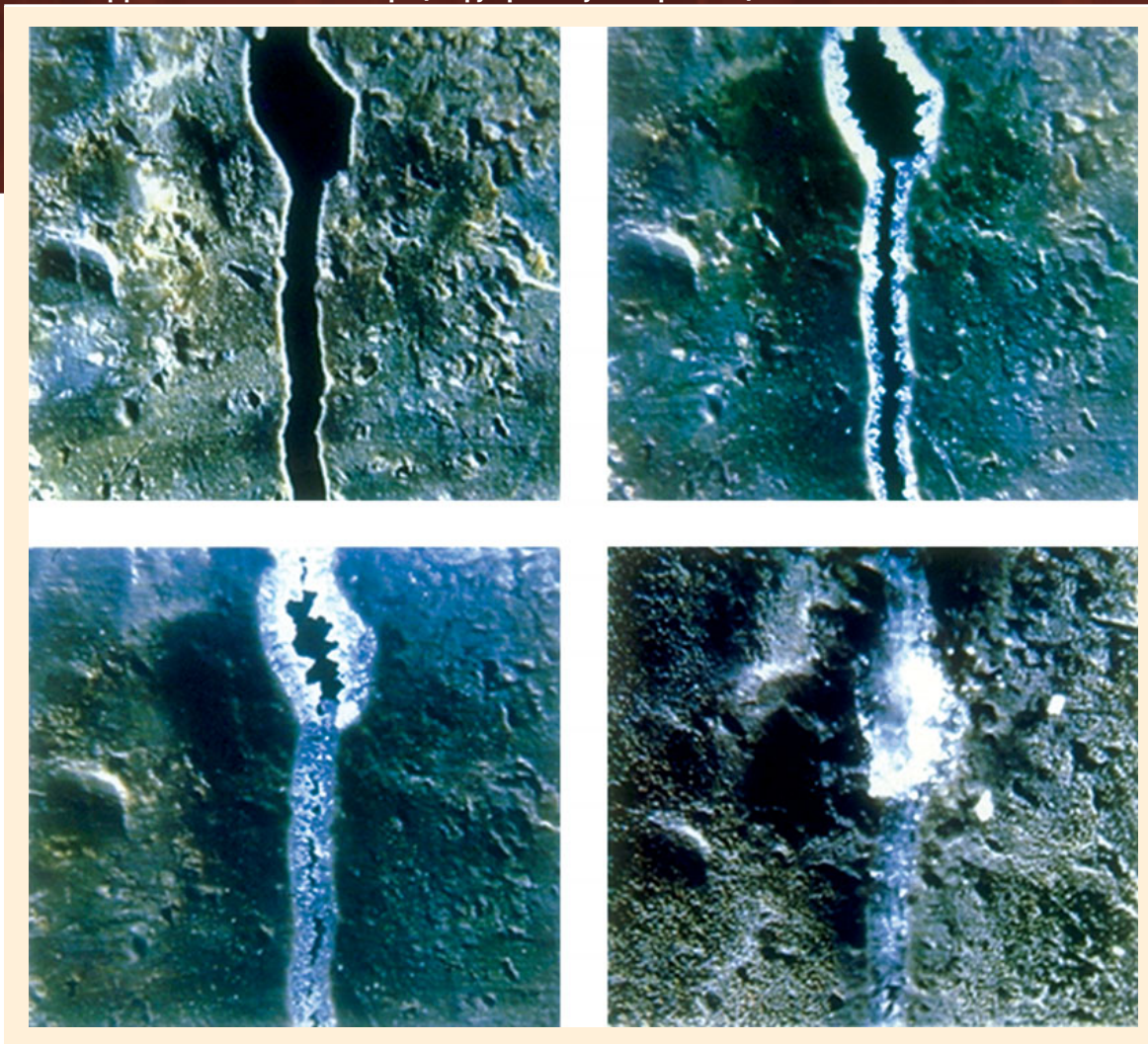
Широко применяемые в настоящее время технические решения (трубы с большим допуском на коррозию, использование нержавеющей вкладышей, полимерные внутренние покрытия) позволяют продлить срок службы трубопроводов в определенных пределах. В тоже время их внедрение или не решает проблему коррозионной защиты полностью, или связано со значительными материальными затратами.

ТРУБЫ С ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ ФУТЕРОВКОЙ

Анализ описанных выше решений, а также опыта компании Маннесманн Лайн Пайп по производству труб для транспортировки агрессивных сточных вод, позволил выдвинуть гипотезу о возможности применения труб с цементно-песчаной футеровкой для нефтесборных трубопроводов на обводненных месторождениях с целью увеличения срока службы и снижения стоимости трубопроводов.

Проложенные за последние 30 лет трубопроводы коммунальной и промышленной канализации с использованием труб с цементно-песчаной футеровкой подтвердили надежность данного вида коррозионной защиты против широкого спектра органических и неорганических реагентов, а также легкость монтажа и эксплуатации таких труб и их экономическую эффективность (рис. 1).

Эффективность применения труб с цементно-песчаной изоляцией обусловлена, в первую очередь, использованием модифицированного шлакопортландцемента, футеровка с использованием которого отличается значительной химической стабильностью, высокими прочностными характеристиками и абразивной стойкостью.

Рис. 2. Эффект «самозалечивания» трещин футеровки путем карбонизации

В пользу исключительных изоляционных характеристик данной коррозионной защиты свидетельствует также характер распределения пор в цементном камне. Модифицирование шлакопортландцемента приводит к смещению основного объема пор в область гелевых пор, не допускающих миграцию жидкой фазы к поверхности стали и, таким образом, ликвидирует предпосылки для ее коррозионного поражения.

Кроме того, исследование динамики развития возможных микротрещин футеровки подтверждает эффект «самозалечивания» последних за счет взаимодействия свободной извести цементного камня с растворенной в транспортируемой среде углекислотой и заполнения трещин водостойкими новообразованиями (рис. 2).

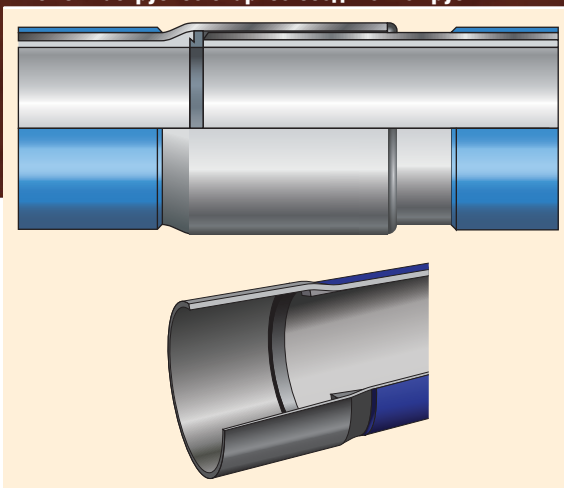
Исследования, проведенные с целью изучения влияния агрессивных параметров попутной воды на свойства самой цементно-песчаной футеровки, подтвердили низкую газопроницаемость и стойкость последней к воздействию солевого раствора и растворенных газов при высоких парциальных давлениях последних. Кроме того, высокое значение водородного показателя на поверхности контакта стальной трубы

с футеровкой, по нашему мнению, способствует предотвращению поверхностных повреждений стали, вызываемых сероводородом.

Результаты изучения стабильности цементно-песчаной изоляции в условиях повышенных температур и отсутствие повреждений при температурах до 250°C подтвердили возможность ее применения для широкого спектра условий эксплуатации трубопроводов.

Дополнительным преимуществом рассматриваемых труб можно считать применение раструбных сварных соединений, позволяющих полностью предотвратить проникновение коррозионно-активной среды к поверхности стали. Используемые для предотвращения повреждений футеровки во время транспортировки и прокладки труб упорные кольца из маслостойкой резины в сочетании с наносимым во время прокладки труб полиуретановым герметиком обеспечивают надежную защиту областей соединения труб от коррозии (рис. 3).

Расчет толщин стенок труб в зависимости от расчетных рабочих давлений проводится с учетом геометрических параметров трубопровода, характеристик стали, вида соединения труб и предписываемых нормами планирования трубопроводов коэффициентов надежности.

Рис. 3. Раструбное сварное соединение труб

Дополнительное условие для вычислений состоит в необходимости избегать при проектировании и эксплуатации труб ситуаций, при которых возможны нагрузки, достигающие 50% границы текучести стали и связанные в случае резкого сброса давления с возможностью отколов цементно-песчаной футеровки от поверхности стальной трубы.

Процесс производства труб состоит из четырех основных этапов, сопровождающихся многоступенчатым

контролем параметров качества: сварка стальной трубы, формовка раструба, изоляция наружной поверхности и нанесение цементно-песчаной футеровки.

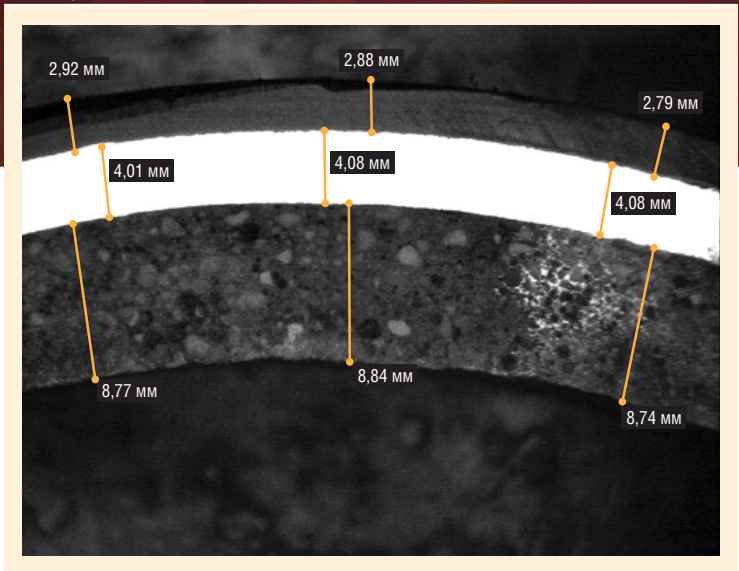
Трубы могут производиться в широком диапазоне размеров и марок стали и применяться для рабочих давлений до 100 атм и рабочих температур до 130°C. В настоящее время область применения труб ограничивается водородным показателем транспортируемой среды pH=6. Проверка пригодности изоляции для более кислых сред предусмотрена в будущем.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

С целью промышленного апробирования труб с цементно-песчаной изоляцией был построен и с 2012 года находится в эксплуатации сборный нефтепровод протяженностью два километра. При этом необходимо отметить, что все комплектующие фасонные детали были изготовлены в аналогичном исполнении и адаптированы к требованиям соответствующих ГОСТов (рис. 4).

Рис. 4. Прокладка трубопровода

Рис. 5. Контроль состояния трубы и покрытия после пяти лет эксплуатации



Анализ состояния цементно-песчаной футеровки после пяти лет эксплуатации подтвердил неизменность толщины слоя по сравнению с исходным показателем, низкую степень карбонизации и полную функциональность покрытия.

Исследованиями, проведенными с целью изучения состояния стальной трубы, подтверждено полное отсутствие контакта транспортируемой среды с внутренней поверхностью трубы. Одновременно было отмечено образование пассивирующего слоя на поверхности стали. Нарушений наружной изоляции также отмечено не было (рис. 5).

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО ФОНДА СИСТЕМ ППД

Накопленный положительный опыт данного проекта в сочетании с актуальными потребностями нефтегазовой отрасли позволили предположить целесообразность разработки труб для нагнетательных трубопроводов систем ППД в описанном исполнении. При этом дополнительно к параметрам, исследованным на стадии разработки труб нефтесбора, учитывались характерные для систем ППД рабочие давления, наличие химреагентов и пропускная способность применяемых в настоящее время труб.

Предварительные расчеты параметров труб для систем ППД, проведенные с учетом используемых рабочих давлений, подтвердили соответствие производственных возможностей требованиям к минимальной теоретической толщине стенки труб диаметрами 150 – 300 мм.

В качестве этапа, предваряющего натурные испытания труб с цементно-песчаной футеровкой и раструбным сварным соединением под рабочим давлением до 190 атм с одновременным приложением мак-

симально допускаемых изгибающих нагрузок, проведено моделирование критических ситуаций загрузки с помощью теории конечных элементов. При этом условия расчетов предполагали как чистый осевой изгиб труб с варьируемым радиусом, так и комбинирование изгиба с гидравлическим давлением. Результаты расчетов подтвердили локализацию максимальных напряжений в области кольцевого сварного шва и способность раструбного соединения выдерживать прилагаемые нагрузки.

Испытания труб при циклических нагрузках, в том числе значительно превышающих требуемые уровни загрузки, как в отношении минимально допустимых радиусов изгиба труб, так и на максимальных испытательных давлениях, подтвердили надежность раструбного соединения (рис. 6).

Закономерности, установленные при стендовых испытаниях труб, позволяют не только прогнозировать эксплуатационную надежность труб с точки зрения статических и динамических нагрузок, но также ограничить допускаемые диапазоны деформирования труб при их транспорте, прокладке и эксплуатации. ♦

Рис. 6. Исследования пригодности труб для систем ППД

