



А.В. Латышев



Е.В. Петрусенко



А.П. Сазонов



А.В. Латышев, Е.В. Петрусенко,
А.П. Сазонов, С.А. Рыжов,
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Методы изоляции сварных стыков подводных трубопроводов

Особые условия строительства и эксплуатации морских трубопроводов определяют повышенные требования к уровню надежности и долговечности их защитных покрытий.

Требования к проектированию и строительству морских газопроводов изложены в норвежском морском стандарте DNV-OS-F101 «Подводные трубопроводные системы», который ОАО «Газпром» утвердил в 2006 г. как СТО Газпром 2-3-7-050-2006. В разделе «Защита от коррозии» данного стандарта изложены общие рекомендации к выбору наружных покрытий трубопроводов, в том числе предназначенных для защиты сварных стыков. Какие-либо числовые значения характеристик покрытий в данном разделе стандарт не нормирует.

В КАЧЕСТВЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ТРУБ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ИСПОЛЗУЮТСЯ:

- оплавляемые порошковые эпоксидные;
- асфальтобитумные;
- экструдированные полиолефиновые (полиэтиленовые или полипропиленовые).

Эпоксидные и асфальтобитумные покрытия применяются только с дополнительным бетонным утяжеляющим слоем. Применение дополнительного бетонно-

го слоя практически исключает возможность механического повреждения покрытия труб до металла при транспортировке, погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работах и повышает коррозионную защищенность труб.

Одной из наиболее сложных и ответственных технологических операций при строительстве трубопроводов (как подводной, так и подземной прокладки) является изоляция сварного стыка.

Выбор конструкции и материалов покрытия для изоляции сварных стыков труб на трубоукладочном судне в значительной степени определяет эксплуатационную надежность морского трубопровода в части коррозионной защищенности и зависит от следующих факторов:

- эксплуатационная температура;
- диаметр трубопровода;
- требуемый срок эксплуатации;
- способ укладки;
- совместимость с основным (заводским) покрытием трубопровода;
- условия нанесения и требования к подготовке поверхности стыков;
- требования к свойствам покрытия сварных стыков;

- время выполнения операций по нанесению покрытия.

Как правило, наиболее трудновыполнимым является сочетание качества выполнения работ и времени, отведенного на изоляцию стыка. Исходя из технологических условий строительства, время изоляции стыка не должно превышать 10–20 минут, оно зависит от синхронизации операций сварки и изоляции стыков, диаметра и толщины стенки труб, механизации операций по нанесению покрытий, типу материалов, конструкции покрытий и ряда других факторов. С увеличением диаметра труб до 1000–1400 мм при толщине стенки более 18 мм время изоляции, как правило, составляет 15–20 минут.

На практике конструкция изолированного сварного стыка состоит из антикоррозионного гидроизолирующего покрытия (системы, состоящей из двух и более слоев), нанесенного на зону оголенного металла сварного стыка с нахлестом на основное покрытие, и заполнения объема между бетонным покрытием двух труб образующих сварной стык (с установкой защитного кожуха), мастикой или пенополиуретановой пеной.

В качестве материала для заполнения объема зоны стыка по мере совершенствования технических решений по строительству морских трубопроводов и разработки новых материалов применялись:

- битумные мастики;
- быстро схватываемые бетоны;
- полиуретанобитумные мастики;
- полиуретановые мастики;
- пенополиуретановые пены высокой плотности.

Решение по выбору способа нанесения и материалов для изоляции сварных стыков морских трубопроводов определяются условиями строительства и эксплуатационными характеристиками строящегося трубопровода.

В идеале антикоррозионная защита сварных стыков должна повторять по конструкции и материалам основное покрытие труб (быть с ним совместимой) и максимально соответствовать показателям его свойств. Однако по ряду технических и финансовых соображений это не всегда выполнимо.

В зависимости от основного покрытия применяются следующие конструкции покрытий для защиты сварных соединений, обеспечивающие высокий уровень надежности:

1. Термоплавкие полиолефиновые (полиэтиленовые или полипропиленовые) ленты (наносимые по слою оплавленного эпоксидного порошка и адгезива).



Рис. 1. Установка по нанесению трехслойного покрытия на сварные швы

2. Термоплавкие полиолефиновые композиции, наносимые методом инжестирования.
3. Экструдированные термоплавкие полиолефиновые композиции.
4. Термоусаживающиеся манжеты.
5. Термореактивные полиуретановые покрытия.

Рассмотрим особенности технологии нанесения данных систем покрытия.

1. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ СВАРНЫХ СТЫКОВ ТРУБ С ЗАВОДСКИМ ТРЕХСЛОЙНЫМ ПОЛИОЛЕФИНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ТЕРМОПЛАВКИМИ ЛЕНТАМИ

Конструкция изоляционного трехслойного покрытия сварных стыков:

- 1-й слой – эпоксидная термоплавкая порошковая грунтовка;
- 2-й слой – порошковый термоплавкий адгезив;
- 3-й (основной) слой – полиэтиленовая термоплавкая лента.

Общая толщина нанесенного покрытия не менее 2,7 мм.

Для нанесения покрытия данной конструкции фирмой Pipe Induction Heat Ltd. разработана специальная установка (рис. 1), выполняющая в автоматическом режиме следующие операции:

- дробеструйная очистка сварного стыка до степени Sa 2½ с шероховатостью поверхности Rz = 40–100 мкм, пыленностью не выше 3;
- предварительный нагрев металла сварного стыка;
- нанесение эпоксидной порошковой грунтовки на металл сварного шва толщиной, равной Rz+40мкм;
- нанесение слоя порошкового адгезива;
- намотка предварительно нагретой полиэтиленовой ленты с нахлестом на заводское покрытие труб не менее 50 мм.

Аналогичная технология предлагалась для изоляции стыков труб для проекта «Голубой поток» с использованием полипропиленовых термоплавких лент. Данная технология позволяет получать покрытия стыков с высокими защитными и физико-механическими свойствами

ми, конструкция покрытия повторяет конструкцию заводской изоляции труб. Технология является перспективной разработкой, но была опробована только на трубах малого и среднего диаметра, ее расширенное внедрение требует конструкторской доработки оборудования.

2. ТЕРМОПЛАВКИЕ КОМПОЗИЦИИ, НАНОСИМЫЕ МЕТОДОМ ИНЖЕКТИРОВАНИЯ

Данная технология была предложена для строительства газопровода «Голубой поток». Установка по нанесению покрытия представлена на рисунке 2. Технология включает в себя следующие этапы:

1. Дробеметная очистка зоны изолируемого сварного стыка.
2. Индукционный нагрев металла зоны сварного стыка до температуры 240–250 °С.
3. Последовательное автоматическое нанесение слоя эпоксидного порошкового праймера и полипропиленового адгезива.
4. Дополнительный инфракрасный нагрев зон покрытия, прилегающих к металлу сварного стыка.
5. Установка формирующего кожуха и его заполнение под давлением 200 атм. расплавленным полипропиленом (полиэтиленом).
6. Формирование покрытия и снятие кожуха.

Данная технология использовалась на берегу при монтаже четырех трубных секций и на судне при строительстве газопровода «Голубой поток».

Время выполнения всех операций по изоляции стыков составляло около 7–10 минут.

Инжестирование расплавленного полипропилена по технологии фирмы Thermotite наиболее полно обеспечивает требования по качеству и надежности покрытий и не уступает свойствам основного покрытия труб подводного участка газопровода.



Рис. 2. Внешний вид установки изоляции стыков методом инжестирования



Рис. 3. Нанесение в трассовых условиях полимерных материалов методом боковой экструзии

Недостаток метода состоит в его относительно высокой стоимости и необходимости проведения дополнительных проектных работ для адаптации оборудования к иным условиям строительства.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ СВАРНЫХ СТЫКОВ МЕТОДОМ БОКОВОЙ ЭКСТРУЗИИ

Фирмой KWH Pipe совместно с фирмой Vorealis разработана технология изоляции сварных стыков методом экструдирования, которая позволяет практически полностью повторить заводскую технологию нанесения покрытий на трубы.

В настоящее время эта технология успешно опробована при строительстве газопровода отвода диаметром 530 мм (рис. 3). Изготовлена и опробована опытная установка для изоляции стыков труб диаметром от 820 до 1420 мм.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ЛИПКИХ ЛЕНТ И ТЕРМОУСАЖИВАЮЩИХСЯ МАНЖЕТ

Полимерные липкие ленты не применяются для защиты сварных стыков труб и в качестве основной изоляции труб подземных газопроводов, поскольку в ОАО «Газпром» имеется большой отрицательный опыт их эксплуатации.

Полимерные липкие ленты для стыков морских трубопроводов можно отнести скорее к гидроизоляционным, а не антикоррозионным покрытиям. У них низкие адгезионные характеристики, и наблюдается их снижение за счет прогрессирующего водопоглощения, а защитные и физико-механические свойства определяются типом клеевого слоя.

Более высокий уровень защиты от коррозии по сравнению с липкими лентами обеспечивают термоусаживающиеся манжеты с липким гидроизоляционным слоем. Манжеты устанавливаются на

предварительно подготовленный к изоляции сварной стык с нахлестом на основное заводское покрытие труб не менее 50 мм. Затем манжета усаживается с применением газовых горелок. Для обеспечения механической защиты, выравнивания перепада по толщине с основным покрытием «морские манжеты» рекомендуются к применению с заполнением объема стыка пенополиуретановой пеной.

Преимущество применения термоусаживающихся манжет:

- упрощенная, малобюджетная технология нанесения по сравнению с нанесением трехслойного полиэтиленового покрытия.

Недостатки термоусаживающихся манжет:

- пожароопасность в стационарных условиях трубоукладочных судов;
- для обеспечения требуемого времени на проведение работ по изоляции стыков для труб большого диаметра (например, Ø1220 мм) на один стык требуются четыре горелки (4 оператора) и один помощник, что технически выполнить сложно с учетом ограниченности пространства судна;
- нет данных практического опыта длительной эксплуатации подобных конструкций защиты стыков в условиях морских газопроводов.

5. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ В КОМБИНАЦИИ С БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Исходя из технических требований, условий строительства, а также опыта проведения работ с использованием трубоукладочного судна в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» был предложен метод изоляции сварных стыков подводного перехода трубопровода через Байдацкую губу (рис. 4–5).

В качестве основного антикоррозионного покрытия сварного стыка было



Рис. 4. Строительство подводного перехода через Байдацкую губу СМГ «Бованенково – Ухта» с применением трубоукладочной баржи



Рис. 5. Укладка трубопровода S-образным способом



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

ГАЗОПРОВОДЫ

НЕФТЕПРОВОДЫ

ТЕПЛОПРОВОДЫ

ВОДОПРОВОДЫ

ТРУБОПРОВОДЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ И РЕМОНТА
ЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СТЫКОВ,
КОЛЕН И ОТВОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ
РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ

ООО «ГЕФЕСТ-РОСТОВ»
344064, г. Ростов-на-Дону,
пер. Технологический, д. 5
8 (863) 277-44-01, 277-77-93
Торговый Дом, Москва
8 (499) 148-17-13, 148-49-03
Торговый Дом, Ростов-на-Дону
8 (863) 277-77-93, 277-44-01
e-mail: sales@gefestrostov.ru

ИЗОЛЯЦИЯ СВАРНЫХ СТЫКОВ

решено использовать жидкий термо-реактивный полиуретановый быстроотверждаемый материал.

Свойства жидких терморективных покрытий по ряду защитных свойств (адгезия, стойкость к катодному отслаиванию, физико-механические показатели) максимально приближены к заводской полиэтиленовой изоляции. Однако уровень адгезионного взаимодействия терморективных покрытий с полиэтиленом (в зоне перехода с покрытия стыка на основное покрытие трубы) не обеспечивает надлежащего качества системы покрытия. Для компенсации этого фактора в лаборатории защитных покрытий ООО «Газпром ВНИИГАЗ» было предложено два технических решения:

1. В качестве защитного и гидроизолирующего слоя в зоне сварного стыка было предложено наносить битумно-полимерные рулонно-армированные материалы (РАМ).
2. Для обеспечения улучшения взаимодействия полиуретанового «трассового» покрытия с основным покрытием трубы в процессе изоляции труб в заводских условиях предложено оставлять полосу эпоксидного покрытия шириной 50–100 мм (рис. 6).

На первом этапе внедрения данной технологии, когда техпроцесс сохранения «эпоксидного пояса» еще не был освоен, дополнительная гидроизоляция системы покрытия осуществлялась только за счет нанесения поверх терморективного покрытия битумно-полимерного РАМ. Испытания свойств данной конструкции покрытия, проведенные в лаборатории защитных покрытий, показали ее высокую надежность в условиях воздействия морской воды. Совместная реализация на следующем этапе обоих технических решений позволяет еще более повысить уровень антикоррозионной защиты сварных швов морских трубопроводов.

Для производства работ данным способом используется следующее оборудование:

- автоматическая дробеструйная установка для очистки сварного стыка;
- разъемный индуктор для нагрева поверхности стыков;
- установка высокого давления для нанесения полиуретановых покрытий;
- установка высокого давления для заполнения объема обетонированного стыка полиуретановой пеной высокой плотности;
- средства контроля за технологическими параметрами операций подготовки стыка и нанесения покрытий.



Рис. 6. Труба с оголенным эпоксидным слоем (зеленого цвета)

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ СТЫКА СОСТОИТ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ЭТАПОВ:

1. Подготовка поверхности металла стыка к нанесению покрытия:
 - степень очистки не менее Sa 2,5;
 - шероховатость поверхности Rz = 100–150 мкм;
 - запыленность не более степени 3.
2. Нагрев стыка (при необходимости) до температуры 40–50 °С;
3. Нанесение быстроотверждаемого полиуретанового покрытия толщиной 1,5–2,0 мм.
4. Намотка РАМ производится одним полотном на всю ширину стыка («сигарным способом») с нахлестом на полиэтиленовое покрытие труб не менее 50 мм (толщина полотна РАМ – 2 мм) с целью гидроизоляции полиуретанового слоя и перекрытия, а также контактирующих с ним пор пены, заполняющей объем обетонированного стыка.
5. Установка защитного кожуха и заполнение стыка полиуретановой пеной высокой плотности.

К настоящему времени данная технология была успешно реализована при строительстве подводных переходов СМГ «Бованенково – Ухта» (Байдарацкая губа) и МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» (пролив Невельского).

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ:

- Применение быстроотверждаемых полиуретановых материалов позволяет снизить время нагрева стыка или отказаться от этой операции.
- За счет быстрого отверждения не происходит стекания и уменьшения толщины покрытия на боковых и нижней образующих трубы.
- Нанесение полиуретанового покрытия на сварной стык с оголением

эпоксидного слоя заводского покрытия труб на ширину 50–100 мм позволяет получить «замок», который препятствует отслоению полиуретанового покрытия при длительном воздействии морской воды.

- Рулонный армированный материал РАМ помимо дополнительной гидроизоляции полиуретанового покрытия обеспечивает заполнение и перекрытие пор нанесенной сверху полиуретановой пены (образующихся под воздействием высокой температуры при затвердевании пены) и перекрывает возможный доступ морской воды к изолируемому стыку.

В заключение отметим, что наработанные опыт строительства и эксплуатации морских трубопроводов, наличие отработанных технологий по нанесению защитных покрытий и научно-исследовательские изыскания по прогнозированию их свойств позволяют все более точно и предметно формулировать требования к антикоррозионной защите сварных стыков морских трубопроводов, эксплуатирующихся в различных условиях. Следует ожидать, что обобщением данного опыта должна стать разработка отдельного стандарта по защите от коррозии морских трубопроводов, включающего в том числе требования к выбору конструкции и нормирование свойств покрытий сварных стыков.

Литература:

1. СТО Газпром 2-3.7-050-2006 (DNV-OS-F101) «Морской стандарт DNV-OS-F101. Подводные трубопроводные системы», 25.08.2006 г.
2. Самсонов Р.О., Ковех В.М., Силкин В.М., Аладинский В.В., Шипилов А.В. Инженерная оценка критического состояния кольцевых стыковых сварных соединений труб для морских участков газопроводов // Наука и техника в газовой промышленности, №4, 2009.
3. ВН 39-1.9-005-98 «Нормы проектирования и строительства морского газопровода», Москва, 1998.
4. СП 106-34-96 «Свод правил сооружения магистральных газопроводов. Свод правил по сооружению линейной части газопроводов. Укладка газопроводов из труб изолированных в заводских условиях».