

ТРУБЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И СПОСОБЫ ИХ СОЕДИНЕНИЯ

*В. М. АЙДУГАНОВ, Ipc_bugulma@mail.ru
(ООО "Инженерно-производственный центр")*

В процессе эксплуатации промышленных трубопроводов важной проблемой является выход из строя трубопровода в результате коррозии металла труб. Промысловые трубопроводы, смонтированные из углеродистых и низколегированных сталей, подвержены в основном язвенной коррозии, при которой происходит локальное утонение стенки трубы. Например, в 2002 г. на высоконапорных водоводах системы поддержания пластового давления на Западно-Тэбукском месторождении, Республика Коми, удельная частота порывов достигала 19,45 шт/км в год. Трубопроводы протяженностью 53 км практически были выведены из эксплуатации, хотя 38,8 км трубопроводов было заменено в 2000–2001 гг. Заказчик проводил тендер по замене этих трубопроводов, чтобы трубопроводы проработали без аварий три месяца.

В настоящее время надежность и срок эксплуатации промышленных трубопроводов повышают за счет:

– увеличения толщины стенки труб с учетом допуска на коррозию;

– применения труб из коррозионностойких материалов;

– применения труб из коррозионностойких сталей;

– применения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом;

– применения труб с небольшими добавками легирующих элементов, улучшающих эксплуатационные свойства труб при транспортировании по ним промышленных сред;

– применения ингибиторов коррозии, замедляющих коррозию металла труб;

– применения электрохимической защиты трубопровода от коррозии с использованием катодных станций или протекторов (жертвенных материалов);

– применения труб с внутренним покрытием;

– применения труб, футерованных пластмассовыми оболочками.

Все эти способы повышения надежности и срока эксплуатации промышленных трубопроводов имеют свои определенные преимущества и недостатки.

Стальные трубы, футерованные полиэтиленовыми трубами

Разработчиком технологии изготовления стальных труб, футерованных полиэтиленовыми трубами, был Первоуральский новотрубный завод (ПНТЗ), который и изготавливал их для различных отраслей промышленности СССР. Нефтяники Республики Татарстана заинтересовались данной разработкой в конце 70-х годов XX в., но для использования этих труб в нефтяной промышленности не было разработано соединение, выдерживающее давление транспортируемой среды свыше 1,6 МПа (16 кг/см²). Ушло много лет, чтобы внедрить стальные трубы, футерованные полиэтиленовыми трубами, в нефтяной промышленности. Были построены опытные трубопроводы для системы поддержания пластового давления. В 1982 г. был построен цех в Альметьевске для выпуска секции стальных

труб, футерованных полиэтиленовыми трубами (металлопластмассовых труб). Промышленное освоение производства металлопластмассовых труб шло с большим трудом. Технология изготовления металлопластмассовых труб была практически не разработана, так же как и технология их соединения при строительстве промышленных трубопроводов. В 1983 г. было выпущено 60 км металлопластмассовых труб, но не было запущено ни одного километра трубопровода. Надо было найти выход из такого критического положения. В декабре 1983 г. автор был назначен заведующим сектором института "ТатНИПИ-нефть". В 1984–1985 гг. была разработана конструкция стальной трубы, футерованной полиэтиленовой трубой, и технология ее изготовления для строительства промышленных трубопроводов

на рабочее давление транспортируемой среды до 20 МПа (200 кг/см²), которая была внедрена в производство в 1986 г. Для этого были проведены исследования в промышленном масштабе по технологии производства металлопластмассовых труб и строительства из них промысловых трубопроводов.

На рис. 1 показана конструкция стальной трубы, футерованной полиэтиленовой трубой, подготовленной для соединения электродуговой сваркой.

Для экономии высоколегированной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т установлена стальная втулка 4 из углеродистой стали, которая образует с концами стальной трубы 1 и наконечниками 5 единую фаску для соединения сваркой. Концы полиэтиленовой трубы 2 удалены от торцов стальной трубы на безопасное расстояние и защемлены наконечниками из высоколегированной коррозионностойкой стали. В процессе монтажа трубопровода соединяют трубы по технологии сварки двухслойных ста-

лей, т. е. наконечники соединяют электродами со стержнем из высоколегированной коррозионностойкой стали, например, марки ЦЛ-11, а концы стальных труб — обычными электродами для соединения углеродистых и низколегированных сталей.

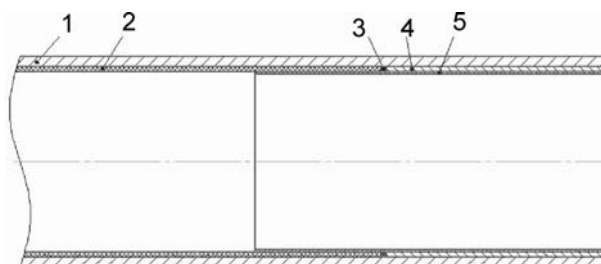


Рис. 1. Стальная труба, футерованная полиэтиленовой трубой, подготовленная для соединения электродуговой сваркой:

- 1 — стальная труба; 2 — полиэтиленовая труба;
3 — герметик; 4 — стальная втулка; 5 — наконечник из высоколегированной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т

Стальные трубы с внутренним покрытием

ООО «Инженерно-производственный центр» разработало технологию изготовления стальных труб с внутренним покрытием, которые можно соединять при помощи электродуговой сварки, где на концы труб после нанесения внутреннего покрытия устанавливают наконечники из высоколегированной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т (рис. 2).

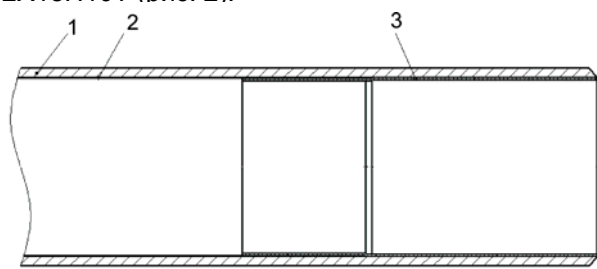


Рис. 2. Стальная труба с внутренним покрытием с наконечником на конце:

- 1 — стальная труба; 2 — внутреннее покрытие;
3 — наконечник из высоколегированной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т

Стальная труба 1 имеет внутреннее покрытие 2, которое удалено от концов стальной трубы на безопасное расстояние, при котором не будет происходить разрушение материала покрытия при соединении труб электродуговой сваркой. Наконечники 3 из высоколегированной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т с толщиной стенки 1,5–2 мм перекрывают по концам сталь-

ной трубы часть внутреннего покрытия и закреплены они внутри концов трубы путем их раздачи.

Соединяют стальные трубы с внутренним покрытием по технологии соединения сваркой двухслойных сталей, где концы наконечников из высоколегированной коррозионностойкой стали соединяют электродами из коррозионностойкой стали типа ЦЛ-11, а соединение концов труб производят обычными электродами. Все это позволяет обеспечить полную защиту сварного шва и околошовной зоны от внутренней коррозии.

Технология защиты сварного соединения труб с внутренним покрытием при помощи наплавки из коррозионностойких сплавов металла внутри концов труб имеет существенный недостаток, где самым узким местом является участок перехода от наплавки к металлу труб. На переходе металл – наплавка будет происходить коррозионное разрушение металла труб из-за возникновения разности потенциалов между различными металлами при транспортировании электропроводной жидкости (обводненная нефть, сточная вода и т. д.). Причина в том, что в зоне металл – наплавка будет происходить быстрое разрушение покрытия труб, перекрывающего наплавку из коррозионностойких сплавов металла, что приведет к контакту металла труб и наплавки с транспортируемой средой.

Способы защиты соединений трубопроводов от коррозии

Самым узким местом в трубопроводах является их соединение, которое должно обеспечить прочность наравне с материалом труб, герметичность при избыточном давлении и коррозионную стойкость, одинаковую с трубами, изготовленными в антикоррозионном исполнении.

Проблему защиты соединений труб с внутренним покрытием от коррозии можно решить следующими способами:

1. Нанесение покрытия на внутреннюю поверхность соединений труб после их соединения сваркой.

2. Плакирование внутренней поверхности концов труб втулками из коррозионностойкой стали и соединение труб сваркой по технологии сварки двухслойных сталей.

3. Установка на внутренней поверхности концов труб жертвенного материала (протектора).

4. Установка внутри концов труб втулок, герметично перекрывающих сварное соединение

труб от полости трубопровода до или после их соединения сваркой.

5. Наплавление на внутреннюю поверхность концов труб самофлюсующегося коррозионностойкого металла и соединение труб сваркой.

6. Установка патрубков из коррозионностойкой стали на концах труб сваркой по технологии соединения разнородных металлов.

7. Соединения труб без теплового воздействия на материалы труб и покрытия, которые можно сгруппировать по следующим видам:

а) фланцевое;

б) муфтовое (разъемное или неразъемное);

в) раструбное (разъемное или неразъемное).

Все эти способы защиты соединений труб с внутренним покрытием от коррозии имеют определенные преимущества и недостатки.

Далее приведены разработки, выполненные ООО «Инженерно-производственный центр» для повышения надежности и долговечности соединений промышленных трубопроводов.

Технология неразъемного муфтового соединения труб

При использовании данной технологии можно обеспечить коррозионную стойкость соединения труб, одинаковую с трубами, изготовленными в антикоррозионном исполнении.

Технология неразъемного муфтового соединения труб, основанная на холодной обработке металла давлением, разработана ООО «Инженерно-производственный центр» в 1989 г. Концы труб соединяют муфтой, имеющей переменное сечение по длине, путем редуцирования через сужающий фильер, при котором между муфтой и концами труб образуется фрикционно-замковое соединение. На рис. 3 схематически показан технологический процесс одного из видов неразъемного муфтового соединения труб, футерованных полиэтиленовыми трубами.

Неразъемным муфтовым соединением можно соединять стальные трубы с различными видами защиты от внутренней коррозии, а также армированные пластмассовые трубы и трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Данная технология в 1990 г. была защищена патентами РФ на изобретение и использовалась при строительстве промышленных трубопроводов из стальных труб, футерованных полиэтиленом производства ПНТЗ. По прочности неразъемное муфтовое соединение труб не уступает прочности сварного соединения труб. Данная технология по производительности в несколько раз выше по сравнению с технологией соединения труб электродуговой сваркой, которое позволяет быстро и надежно смонтировать промышленный трубопровод в любое время, при любых погодных условиях и при низких температурах в усло-

виях Западной Сибири. Технология и оборудование разработаны применительно к отечественным условиям. Не требуется высокая квалификация рабочих.

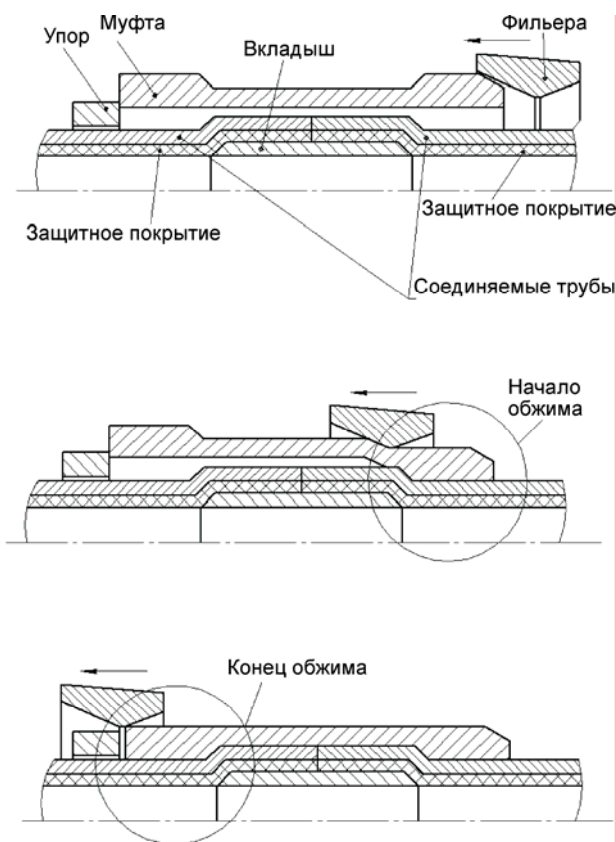


Рис. 3. Неразъемное муфтовое соединение труб, футерованных полиэтиленовыми трубами

С использованием данной технологии и оборудования в нефтегазодобывающей промышленности смонтировано более 2500 км промысловых трубопроводов для систем сбора нефти и поддержания пластового давления. Для строительства трубопроводов применялись трубы, футерованные полиэтиленом, диаметром от 76 до 325 мм с толщиной стенки от 2 до 14 мм и трубы с полиуретановым покрытием диам. 89 и 159 мм.

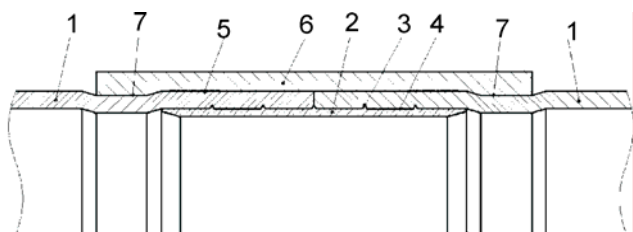


Рис. 4. Неразъемное муфтовое соединение стальных труб:
1 — стальные трубы; 2 — втулка; 3 — кольцевые выступы с острыми кромками; 4 — уплотнительные элементы; 5 — уплотнения; 6 — муфта;
7 — замковые соединения

Промысловые трубопроводы смонтированы на территории республик Татарстан, Башкортостан, Удмуртия, Коми, областей Волгоградской, Саратовской, Самарской, Оренбургской, Пермского края и Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого национальных округов. Более 25 лет эксплуатации промысловых трубопроводов с использованием данной технологии неразъемного соединения труб показали высокую надежность и долговечность, о чем свидетельствуют отзывы,

полученные в августе–сентябре 2014 г. от всех крупнейших нефтяных компаний России.

На рис. 4 показано неразъемное муфтовое соединение стальных труб, т. е. данная технология может использоваться при строительстве промысловых трубопроводов из стальных труб с повышенной эксплуатационной надежностью.

На рис. 5 показано в разрезе неразъемное муфтовое соединение труб с внутренним покрытием.

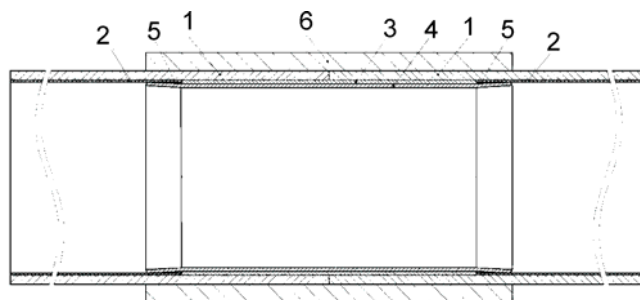


Рис. 5. Неразъемное муфтовое соединение труб с внутренним покрытием:
1 — стальные трубы; 2 — внутреннее покрытие;
3 — втулка из углеродистой стали; 4 — обечайка из высоколегированной коррозионностойкой стали 12X18H10T; 5 — уплотнения; 6 — муфта

Неразъемное муфтовое соединение труб обеспечивает полную защиту от внутренней коррозии на все время эксплуатации промыслового трубопровода.

Многие нефтяные компании России заинтересованы в использовании технологии неразъемного муфтового соединения труб при строительстве и ремонте промысловых трубопроводов.

Технология защиты сварных соединений промысловых трубопроводов от коррозии втулками подкладными

ООО «Инженерно-производственный центр» разработало конструкцию втулки подкладной биметаллической для защиты от коррозии сварных соединений трубопровода. Втулка подкладная состоит из втулки наружной, изготовленной из углеродистой или низколегированной стали, и втулки внутренней, изготовленной из коррозионностойкой стали. Втулка внутренняя из коррозионностойкой стали имеет большую длину, чем втулка наружная. Концы втулки имеют раструбы, снаружи которых установлены манжеты. В средней части втулки наружной имеется центрирующий кольцевой выступ, который фиксирует втулку подкладную относительно концов соединяемых труб. При соединении труб электродуго-

вой сваркой кольцевой выступ втулки подкладной приваривается к сварному шву труб. В процессе соединения труб с внутренним покрытием на наружную поверхность концов втулки внутренней наносят герметик, а также на удаленные от торцов трубы внутреннего покрытия и устанавливают внутри концов труб втулку подкладную биметаллическую. При этом кольцевой выступ втулки наружной служит ограничителем и центрирует втулку подкладную относительно концов соединяемых труб. В процессе соединения труб сваркой втулка наружная и концы труб образуют единый сварной шов, что позволяет надежно закрепить втулку подкладную относительно соединения трубопровода. Герметик

склеивает контактируемые поверхности труб и втулки внутренней, что предохраняет соединение трубопровода от агрессивного воздействия транспортируемой среды.

Кроме того, предлагается технология защиты сварных соединений промышленных трубопроводов от коррозии втулками подкладными с частичным использованием или без герметизирующей мастики. На рис. 6 показано сварное соединение труб с внутренним покрытием с применением втулки подкладной Aitech без использования герметизирующей мастики.

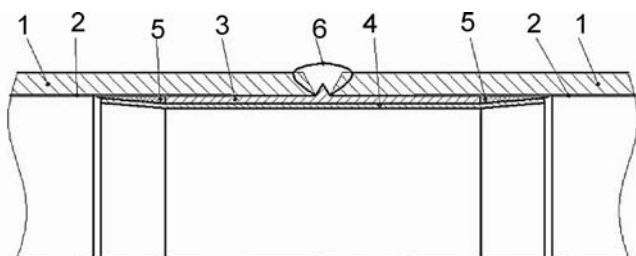


Рис. 6. Сварное соединение труб с внутренним покрытием с применением втулки подкладной Aitech без использования герметизирующей мастики:

1 — стальная труба; 2 — внутреннее покрытие;
3 — втулка наружная из углеродистой стали; 4 — втулка внутренняя из высоколегированной коррозионностойкой стали; 5 — уплотнение; 6 — сварной шов

Для установки втулки подкладной разработаны технология и соответствующее оборудование для соединения труб с внутренним покрытием электродуговой сваркой, где герметизация сварного шва и околосшовной зоны от полости трубопровода производится втулкой подкладной Aitech без применения герметизирующей мастики, что обеспечивает минимальную величину

уменьшения поперечного сечения трубопровода по их соединениям.

Втулка подкладная Aitech состоит из наружной втулки, изготовленной из углеродистой стали, которая изнутри плакирована обечайкой из высоколегированной коррозионностойкой стали, т. е. наружная втулка предохраняет оголенный участок внутренней поверхности металла концов труб от прямого контакта с обечайкой из высоколегированной коррозионностойкой стали. Концы наружной втулки изолированы от наружной поверхности обечайки из высоколегированной коррозионностойкой стали диэлектрическим материалом, тем самым обеспечивается защита наружной втулки от контактной коррозии.

Втулку подкладную Aitech, имеющую уплотнительные элементы на концах обечайки из высоколегированной коррозионностойкой стали, устанавливают внутри концов труб, где торцы труб упираются в кольцевой выступ наружной втулки. Внутри втулки подкладной Aitech размещают расширитель, которым расширяют втулку подкладную Aitech напротив уплотнительных элементов или по всей длине втулки подкладной до соприкосновения ее поверхности с внутренней поверхностью концов труб. Между контактируемыми поверхностями создается контактное давление. Одновременно уплотнительные элементы сжимаются между поверхностями втулки подкладной Aitech и концов труб. После этого концы труб соединяют электродуговой сваркой. При этом втулку подкладную Aitech закрепляют через кольцевой выступ наружной втулки к сварному шву труб. Расширение втулки подкладной Aitech можно произвести и после соединения труб электродуговой сваркой.

Технология защиты сварных соединений промышленных трубопроводов путем плакирования концов труб с внутренним покрытием и наконечниками из высоколегированной коррозионностойкой стали

На рис. 7 показан разрез сварного соединения труб с внутренним защитным покрытием и наконечниками из высоколегированной коррозионностойкой стали.

Труба 1 имеет внутреннее защитное покрытие 2, которое удалено от концов трубы на безопасное расстояние, при котором не будет происходить разрушение материала покрытия при соединении труб электродуговой сваркой. Наконечники 3 из высоколегированной коррозионно-

стойкой стали 12X18H10T с толщиной стенки 1,5–2 мм перекрывают часть внутреннего защитного покрытия и закреплены они внутри концов трубы путем их раздачи. Соединение внутренних концов наконечников из коррозионностойкой стали 12X18H10T с концами трубы герметизировано путем склеивания их между собой при помощи герметика или размещения между ними упругого эластичного уплотнительного материала 5.

Соединяют трубы с внутренним защитным покрытием и наконечниками из высоколегированной коррозионностойкой стали электродуговой сваркой по технологии соединения сваркой двухслойных сталей, где концы втулок из коррозионностойкой стали соединяют электродами из коррозионностойкой стали типа ЦЛ-11, а соединение концов труб производят обычными электродами. То есть обеспечивается полная защита сварного шва от внутренней коррозии. А герметичное перекрытие внутренними концами втулок из коррозионностойкой стали концов труб с внутренним защитным покрытием предохраняет от проникновения транспортируемых по трубо-

проводу агрессивных сред к металлу сварного соединения труб.

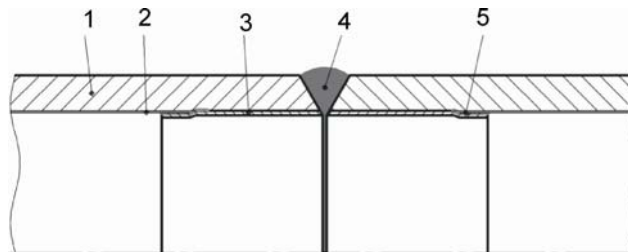


Рис. 7. Сварное соединение труб с внутренним защитным покрытием и наконечником:

1 — стальная труба; 2 — внутреннее покрытие; 3 — наконечник из высоколегированной коррозионностойкой стали; 4 — сварной шов; 5 — уплотнение или герметик

Выводы

1. Накоплен огромный практический опыт по повышению надежности и долговечности эксплуатации промышленных трубопроводов.

2. Разработаны технологии соединения труб при строительстве промышленных трубопроводов, обеспечивающие защиту от внутренней коррозии на все время их эксплуатации.