

Повышение надежности соединений стальных труб, имеющих изоляцию и антикоррозионное покрытие

Хисамутдинов Р.Т., Гимаев Р. Р., Панкратов Д.Л.

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева-КАИ» г.Набережные Челны, Россия*

*Аннотация:* Наиболее распространенным способом защиты поверхностей труб от агрессивного воздействия транспортируемых сред является нанесение на внутреннюю и наружную поверхности труб слоев изоляционного антикоррозионного покрытия. Покрытие обладает высокой механической, ударной прочностью, стойкостью к продавливанию, истиранию, повышенной стойкостью к катодному отслаиванию. Наносится методом «горячего» безвоздушного распыления. Предлагаемый способ повышения надежности соединения труб, имеющих наружную изоляцию и внутреннее антикоррозионное покрытие по сравнению с аналогами является уникальным.

*Ключевые слова:* соединение труб, покрытие, изоляция

При строительстве протяженных, промысловых и магистральных трубопроводов, где основным видом соединения является сварка, трубы с внутренним и наружным покрытиями до настоящего времени применяются ограниченно. Это вызвано тем, что при монтаже трубопроводов во время сварки значительная зона покрытия в районе сварного шва выгорает. Особенно это касается трубопроводов, вовнутрь которых не может попасть человек (диаметр менее 600 мм). Обнаженный металл сварного шва при длительном контакте с агрессивными средами подвергается коррозии, что может служить причиной аварии.

Известен способ соединения металлических труб с внутренним антикоррозионным покрытием, включающий установку с некоторым зазором втулок из коррозионностойкого металла внутри концов труб и их закрепление, нанесение на внутреннюю поверхность труб противокоррозионного покрытия, включая частично поверхность втулок, и соединение труб сваркой по технологии сварки двухслойных металлов. [1] При этом втулки предварительно закрепляют путем обжатия концов труб снаружи, а окончательное закрепление втулок производят путем редуцирования концов труб на длину втулок и на величину (по диаметру), не превышающую величину радиального обжатия концов труб. Концы труб предварительно (до нанесения покрытия) калибруют на длину, превышающую длину втулок до величины (по диаметру) не менее чем наибольший внутренний диаметр труб по верхнему пределу допуска. В другом варианте способа втулки устанавливаются с перекрытием части нанесенного предварительно противокоррозионного покрытия. На наружную поверхность внутренних концов втулок может быть нанесён герметик или установлено кольцо из эластичного упругого материала. [2]

К недостаткам данного способа можно отнести повышенную технологическую сложность и трудоемкость, а так же то, что для редуцирования трубы с помощью фильеры требуются громоздкое энергоемкое прессовое оборудование, а также захваты (для противодействия усилию редуцирования), которые часто срываются, повреждая наружную поверхность труб и нарушая технологический процесс.

Проведенный анализ показывает, что в настоящее время продолжается интенсивный поиск способов защиты зоны стыка сварного шва при соединении труб с внутренним и наружным изоляционным антикоррозионным покрытием, [3], в которых бы сочетались приемлемые требования к надежности защиты соединения с производимыми затратами.

Основной задачей предлагаемого метода является получение надежного и долговечного в эксплуатации трубопровода имеющего внутреннее и наружное изоляционные антикоррозионные покрытия, а также сохранение пропускной способности трубопровода и удобство его монтажа

Поставленная задача решается за счет того, что дополнительно проводится предварительная подготовка в заводских условиях наружной и внутренней поверхности труб, для возможности формирования геометрии покрытия трубы с сохранением величины адгезии (сцепление покрытия со стальной поверхностью) наносимого покрытия на стальную поверхность и на заводское покрытие, с последующей защитой в процессе сварки наружного изоляционного слоя от воздействия брызг расплавленного металла с помощью конструкции наружных радиаторов и внутреннего изоляционного слоя от расплавленного металла с помощью опор центратор-радиатора и с последующим исключением появления прожогов и «металлических сосулек» в верхнем своде неповоротного трубного стыка с помощью подкладного материала (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки), формирующего внутреннюю поверхность сварного шва. После сварки производят очистку зоны сварного стыка, при этом защитные раздвижные опоры очистного устройства внутренней поверхности не позволяют абразивному материалу или продуктам очистки создавать дефекты на внутреннем полимерном покрытии. Затем на наружную зону сварного стыка наносим термоусаживающий изолирующий материал и устанавливаем камеру с индукционным нагревом и устройство для нанесения внутреннего покрытия на внутреннюю поверхность зоны сварного стыка, создавая при этом герметичную камеру для формирования микроклимата (определенная температура, влажность), в котором полимеризуется наносимый материал. Далее нагреваем поверхность до заданной температуры индуктором, после чего на внутреннюю поверхность зоны сварного стыка при той же заданной температуре поверхности наносим полимерное покрытие с помощью устройство для нанесения внутреннего покрытия и производим контроль покрытия на диэлектрическую сплошность и толщину, предварительно пропитав внутреннее полимерное покрытие токопроводящей жидкостью. [4]

Для осуществления предложенного способа применяется универсальное устройство рис.1., размещенное внутри трубопровода и стыкуемой трубы и представляющее собой штангу, на которой последовательно размещены:

1. Центратор-радиатор;
2. Подкладной материал (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки);
3. Очистное устройство внутренней поверхности;
4. Устройство для нанесения внутреннего покрытия;
5. Устройство для контроля сплошности нанесённого внутреннего покрытия;
6. Ролики для центровки стыкуемых труб;

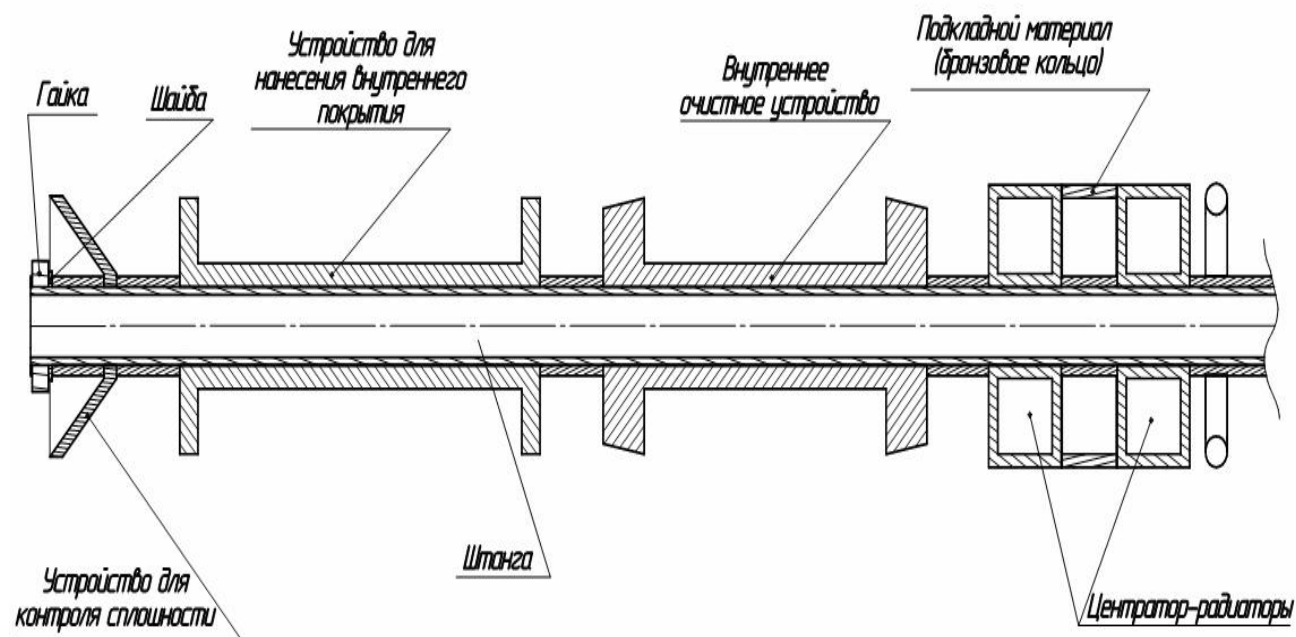


Рис.1. Устройство

Все эти устройства [5] располагаются в определённом порядке, разделены друг от друга упорными втулками и затянуты гайками, находящимися на концах штанги. Штанга может управляться, либо вручную, либо автоматически.

Перед сваркой производится зачистка и подготовка поверхностей под покрытие с применением устройства защиты заводского покрытия труб. Формирования геометрии и подготовка поверхности под покрытие осуществляется таким образом, чтобы обеспечить равную величину адгезии (сцепление покрытия со стальной поверхностью) наносимого покрытия на стальную поверхность и на заводское покрытие. На наружных поверхностях трубопровода и трубы устанавливаются радиаторы, служащие для отвода тепла, при этом предотвращающие структурные изменения наружной заводской изоляции, также препятствующие повреждению полимерного покрытия от брызг расплавленного металла, образующиеся во время сварки трубного стыка.

Центратор-радиатор изготавливается из материала, имеющий высокий коэффициент теплопроводности (медь, латунь, бронза и т.д.). Их конструкция предусматривает процесс разъема и прижатия с определенным усилием к стальным поверхностям стыкуемых труб. Некоторые конструкции снабжены каналами для охлаждения водой. Опоры центратор-радиатора не позволяют расплавленному металлу от сварочной дуги попасть на внутреннюю поверхность полимерного покрытия, исключая появления дефектов внутреннего покрытия. Эксперименты, проведенные в лабораторных условиях показывают, что тепловой поток уменьшается на 100-110 градусов по Цельсию в зависимости от толщины стенок трубы и режимов сварки. [5]

Наружный радиатор изготавливается из материала, имеющий высокий коэффициент теплопроводности (медь, латунь, бронза и т.д.). Их конструкция предусматривает процесс разъема и прижатия с определенным усилием к стальным поверхностям стыкуемых труб. Некоторые конструкции снабжены каналами для охлаждения водой. Конструкция наружного радиатора не позволяют брызгам расплавленного металла от сварочной дуги попасть на наружную поверхность полимерного покрытия, исключая появления дефектов наружного покрытия.

Подкладной материал (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки) имеет конструкцию, предусматривающую процесс разъема и прижатия с определенным усилием к стальным поверхностям стыкуемых труб. Подкладной материал (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки) участвует в процессе формирования внутреннего сварного шва, исключая появление прожогов и «металлических сосулек» в верхнем своде неповоротного трубного стыка. Подкладной материал (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки) располагается между опорами центратор-радиатора. Такая конструкция подкладного материала (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки) и опоры центратор-радиатора не позволяют расплавленному металлу попасть на внутреннюю поверхность полимерного покрытия, исключая появления дефектов внутреннего покрытия. [6]

Очистное устройство внутренней поверхности отличается от известного тем, что имеет защитные раздвижные опоры, не позволяющие абразивному материалу или продуктам очистки создавать дефекты на внутреннем полимерном покрытии.

Устройство для нанесения внутреннего покрытия отличается от известного тем, что имеет защитные герметичные опоры, позволяющие создать необходимый микроклимат (температура, влажность) в зоне сварного стыка, которое не имеет полимерного внутреннего покрытия.

Камера с индукционным нагревом отличается от известных тем, что конструкция предусматривает процесс разъема и прижатия с определенным усилием к стальным поверхностям стыкуемых труб, с обеспечением герметизации зоны сварного стыка, которое не имеет полимерного наружного покрытия, позволяет создать необходимый микроклимат (температура, влажность) в зоне сварного стыка, которое не имеет полимерного наружного

покрытия. За счет нагрева стальной поверхности индуктором обеспечивается необходимая температура на внутренней и наружной поверхностях зоны сварного стыка, за счет чего обеспечивается качественное внутреннее и наружное покрытия. Индуктор изготавливается из медных трубок, по которым проходит электрический ток повышенной частоты (1000-2400 Гц) и по медным трубкам проходит охлаждающая жидкость. Камера с индукционным нагревом выполнена из теплоизоляционных, токонепроводящих, температуростойких и немагнитных материалов.

Устройство для контроля сплошности нанесённого внутреннего покрытия отличается от известных тем, что датчик контроля выполнен в форме воронки из медных кольцевых проволочек, обеспечивающий полный контакт с внутренней поверхностью покрытия. Перед воронкой устанавливается кольцо из губчатого материала пропитанного токопроводящей жидкостью, обеспечивающий определение мельчайших дефектов в покрытии.

Штанга изготавливается из разъемных труб, внутри которых располагают энергетический и электрический подвод ко всем механизмам. Штанга отличается от известных конструкций тем, что она имеет возможность перемещения на мерные необходимые расстояния, которые обеспечивают выполнение отдельных операций (центровка стыкуемых труб, сварка, очистка, нанесение покрытия, контроль сплошности и толщины покрытия).

Работа универсального устройства для соединения труб с внутренним и наружным покрытиями осуществляется следующим образом (рис.2.).

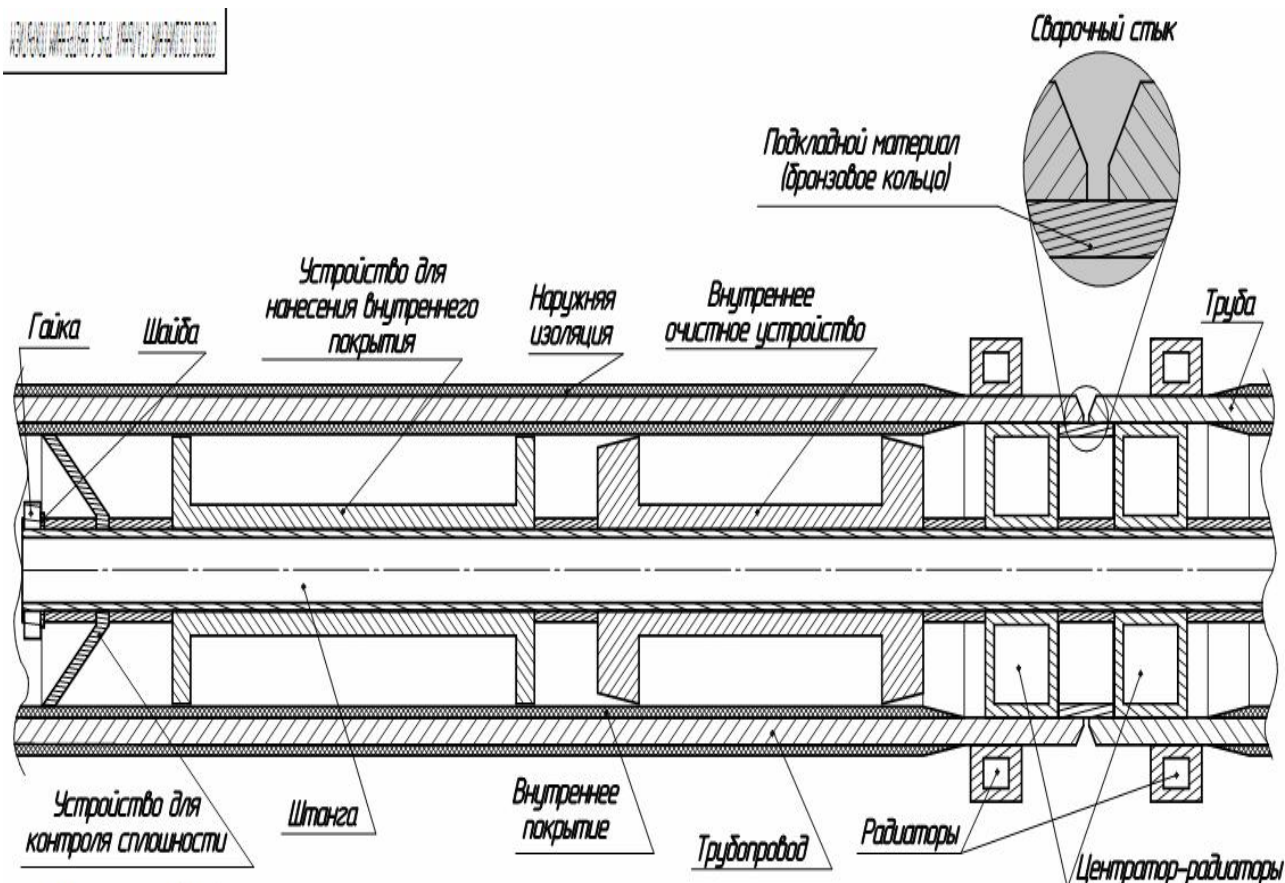


Рис.2. Устройство

Весь процесс можно разделить на несколько этапов:

Этап 1 – Сварка

Этап 2 – Очистка

Этап 3 – Нанесение полимерного покрытия

Этап 4 – Контроль сплошности покрытия

На нагретую стальную поверхность наносится внутреннее покрытие одним из известных способов. Размещение материала для нанесения внутреннего покрытия производится на подготовленную и нагретую стальную поверхность, и на конусную поверхность заводской изоляции. Технология нанесения внутреннего полимерного покрытия состоит из нескольких последовательно проводимых операций: нанесения на очищенную поверхность изделий слоя эпоксидного праймера, с последующей сушкой праймера (для эпоксидно-полиуретановых покрытий); нанесения методом "горячего" безвоздушного распыления наружного полиуретанового слоя; контроля качества защитного покрытия. Параметры технологического процесса зависят от выбранной системы изоляционных материалов, от используемого оборудования и температуры окружающей среды.

Нанесение покрытия должно производиться на очищенную сухую поверхность изделий не позднее, чем через 1 ч после завершения процесса очистки. При этом температура окружающей среды и поверхности изделий должна быть не ниже плюс 5-10°C, а влажность воздуха не превышать 80%. Для нанесения покрытия на основе высоковязких, не содержащих органических растворителей изоляционных материалов, используются, как правило, установки безвоздушного распыления, обеспечивающие подогрев основного компонента до требуемой температуры (50-70 °C). С целью получения защитного покрытия заданной толщины (не менее 0,4мм) нанесение быстро отверждающего покрытия должно производиться методом "мокрым по мокрому", без промежуточной сушки наносимых слоев. В случае нанесения на поверхность изделий слоя эпоксидного праймера используется дополнительный комплект технологического оборудования - установки безвоздушного или пневматического распыления. При этом наружный полиуретановый слой покрытия должен наноситься по слою праймера только после завершения процесса его сушки (через 4-24 ч). Оптимальные режимы нанесения покрытия должны быть согласованы с поставщиками материалов. Поставщики материалов обязаны также предоставить необходимые данные по условиям и срокам хранения материалов и гарантировать высокое качество защитного покрытия при соблюдении технологии его нанесения. В настоящее время на рынок трубопроводного строительства предлагается целая серия отечественных и импортных материалов, предназначенных для изоляции зоны сварного стыка труб при сооружении трубопроводов. В соответствии с принятыми отраслевыми нормами и положениями до начала практического все внедряемые защитные антикоррозионные покрытия трубопроводов должны

пройти обязательную проверку на соответствие предъявляемым техническим требованиям.

Для примера покрытие «Scotchkote 226N» фирмы «3 M» (США) относится к типу быстро отверждающихся двухкомпонентных полиуретановых покрытий. Широко применяется при строительстве трубопроводов в США, Канаде. Рекомендуются также к применению для изоляции сварных стыков труб.

Покрытие обладает высокой механической, ударной прочностью, стойкостью к продавливанию, истиранию, повышенной стойкостью к катодному отслаиванию. Наносится методом «горячего» безвоздушного распыления при объемном соотношении компонентов основа /отвердитель 3:1. По данным поставщика материалов покрытие может наноситься при температурах окружающей среды до минус 10°C. Покрытие прошло испытания на соответствие требованиям ГОСТ Р51164-98, требованиям РАО «Газпром». Опробовано нанесение покрытия «Scotchkote 226N» в заводских условиях. Покрытие используется в настоящее время для изоляции фитингов и сварных стыков трубопроводов при обустройстве месторождения в России. Этап очистки завершен.

После нанесения наружного термоусаживающегося изоляционного материала и внутреннего антикоррозионного покрытия производится контроль сплошности нанесённых покрытий с помощью специального устройства для контроля сплошности нанесённого внутреннего покрытия, отличающегося от известных тем, что датчик контроля выполнен в форме воронки из медных кольцевых проволочек, обеспечивающий полный контакт с внутренней поверхностью покрытия. Перед воронкой устанавливается кольцо из губчатого материала пропитанного токопроводящей жидкостью, обеспечивающий определение мельчайших дефектов в покрытии, или же устройства, типа «Корона-1». Дефектоскопы такого типа предназначены для контроля трещин, пористости, недопустимых утонений и других нарушений сплошности защитных покрытий металлических изделий приложением импульсного высоковольтного напряжения и фиксацией электрического пробоя.

Предлагаемый способ повышения надежности соединения труб, имеющих наружную изоляцию и внутреннее антикоррозионное покрытие по сравнению с аналогами:

1. Снижает трудоемкость и требования к технологии сварки, так как производится сварка однородного материала и варится один шов, т.е. производится традиционная сварка, которая освоена в организациях, занятых монтажом и прокладкой трубопроводов;

2. Исключает применение дорогостоящих нержавеющей материалов (сталей, сплавов), тем самым делая способ более экономичным;

3. Повышает коррозионностойкость зоны сварного стыка по наружной и внутренней поверхностям, так как зону сварного стыка перед нанесением слоя покрытия подвергли механическому способу очистки, что увеличило величину адгезионной прочности стальной трубы с нанесенным покрытием;

4. Сохраняет проходное сечение трубопровода, при этом исключая дополнительные нагрузки на стенки трубы, создаваемые вихревыми потоками.

Библиографический список:

1. Калачев М.В. Соединение стальных труб, имеющих внутреннее и наружное полимерное покрытие /Савин И.А., Калачев М.В.// Экспозиция. Нефть и газ.- Изд. Э.Н-г. Набережные Челны №5 2013 с.115-118

2. Савин И.А. Исследование характеристик износостойких покрытий, наносимых на режущие инструменты сложной формы методом катодно-ионной бомбардировки//Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 9. С. 41-44.

3. Совершенствование технологии производства биметаллических лент: монография/ Шапарев А.В., Савин И.А.; ЗАО «Университетская книга». Курск. 2015г. 214с.

4. Калачев М. В., Савин И. А., Емельянов Д. В. Соединение стальных труб, имеющих полимерное покрытие на внутренней и наружной поверхностях // Современные научные исследования. Выпуск 1. - Концепт. - 2013. - ART 53576. - URL: <http://e-koncept.ru/2013/53576.htm>

5. Калачев М.В. Разработка конструкции камеры печи для нагрева стальных труб/ Калачев М.В. Савин И.А., Тихонов Л.Ю, Новичков А.А.// Экспозиция. Нефть и газ.- Изд. Э.Н-г. Набережные Челны №4 2014 с.48-50

6. Савин И.А., Леушин И.О., Ульянов В.А., Леушина Л.И. Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания//Справочник. Инженерный журнал с приложением. М.2015. № 9 (222). с. 3-5.