

# Соединение стальных труб, имеющие внутреннее и наружное полимерное покрытие

**М.В. Калачев**

бакалавр техники и технологий, студент<sup>1</sup>  
bosch116@mail.ru

**И.А. Савин**

к.т.н., профессор, заведующий кафедрой  
«Конструирование и технологии  
машиностроительных производств»<sup>1</sup>  
savin64@rambler.ru

<sup>1</sup>Набережночелнинский филиал Казанского  
национального исследовательского  
технического университета им. А.Н. Туполева,  
Набережные Челны, Россия

**Основной целью данной работы является получение надежного и долговечного в эксплуатации трубопровода, имеющего внутреннее полимерное покрытие и наружную изоляцию, а также сохранение пропускной способности трубопровода и удобство его монтажа. При строительстве протяженных, промышленных и магистральных трубопроводов, где основным видом соединения является сварка, трубы с внутренним полимерным покрытием и наружной изоляцией 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.**

## Материалы и методы

Металл, полимеры.

Данные промышленных исследований

## Ключевые слова

трубопровод, зона сварного стыка, соединение труб, покрытие труб

Трубопроводы переместили только нефти, нефтепродуктов и газа почти 1000 млн. тонн, а по водопроводам перекачено 214,5 млрд. тонн воды. Иначе говоря, по трубопроводам ежегодно перемещается грузов в 64 раза больше, чем всеми другими видами транспорта вместе взятыми. При таких объемах потеря даже 1% перекачиваемой воды превышает вес всех твердых грузов, перевозимых в стране в течение года.

Поэтому трубопроводы относятся к системам жизнеобеспечения, критерии качества которых — надежность и долговечность. Наиболее распространенным способом защиты поверхностей труб от агрессивного воздействия транспортируемых сред является нанесение на внутреннюю и наружную поверхности труб слоя изоляционного антикоррозийного покрытия.

При строительстве протяженных, промышленных и магистральных трубопроводов, где основным видом соединения является сварка, трубы с внутренним полимерным покрытием и наружной изоляцией 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.

Известны способы соединения труб с установкой в зоне сварного шва герметичной втулки, которая защищает участок стыка труб от коррозионного воздействия транспортирующей среды.

Но такие способы имеют ряд существенных недостатков:

- непостоянство формы поперечного сечения по длине полученного соединения труб. Это может привести к образованию турбулентных вихрей при транспортировке жидких сред и, как следствие, к динамическим нагрузкам и разрушению конструкции;
- недостаточно надежная герметизация зоны сварных стыков от проникновения агрессивной транспортируемой среды из-за непостоянства формы поперечного сечения, что также может служить причиной аварии, и т.д.

Проведенный анализ показывает, что для надежной и долговечной эксплуатации трубопровода, его конструкция должна быть однородна, т.е. зона сварного стыка должна быть подобна телу самой трубы.

Поставленную задачу мы решили, разработав новую технологию соединения труб с внутренним и наружным покрытием и устройством для его реализации.

Для осуществления предложенного способа применяется универсальное устройство, размещенное внутри трубопровода и стыкуемой трубы (рис. 1), 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 нанесенного внутреннего покрытия;
6. Ролики для центровки стыкуемых труб.

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

Весь процесс можно разделить на несколько этапов:

Этап 1 — Сварка

Этап 2 — Очистка

Этап 3 — Нанесение полимерного покрытия

Этап 4 — Контроль сплошности покрытия

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.

## Этап 1. Сварка.

Центрируем трубы с помощью центратор-радиатора, затем производим сварку. Сварка производится традиционным способом, т.е. электродуговой сваркой.

Во время этапа сварки центратор-радиатор осуществляет три задачи:

1. Центрирует трубы перед сваркой;
2. Отводит тепло, распространяющееся из сварочного шва, и защищает полимерное покрытие от перегрева;
3. Препятствует повреждению полимерного покрытия от раскаленного металла.

Подкладной материал (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки) исключает появление прожогов и устраняет, так называемые, «металлические сосульки», появляющиеся во время процесса сварки, формирует геометрию внутреннего стыка труб, а также отводит тепло от сварного соединения.

По окончании сварочного процесса извлекаются из зоны стыка штангой центратор-радиатор и подкладной материал (бронзовое кольцо, или кольцо из флюсовой подушки). С наружной поверхности труб снимаются наружные радиаторы. Этап сварки завершен.

## Этап 2. Очистка.

После сварки трубного стыка производится очистка наружной и внутренней поверхностей. Устанавливаются специальные очистные устройства на наружную и внутреннюю поверхность стыка с помощью штанги.

Многолетний опыт применения полимерных покрытий показывает, что их долговечность более чем на 70% определяется качеством подготовки поверхности перед покрытием. Некачественная подготовка поверхности металла перед нанесением покрытия вызывает ряд нежелательных последствий, приводящих к ухудшению защитных свойств покрытий:

- ухудшение адгезии покрытия к стальной поверхности,
- развитие под покрытием коррозионных процессов стали при эксплуатации,
- растрескивание и расслоение самого покрытия.

Между долговечностью покрытий и степенью очистки поверхности существует четко проявляющаяся зависимость. В случае механических способов подготовки поверхности, ориентировочные коэффициенты повышения сроков службы систем покрытий ( $K_1$ ), в зависимости от подготовки поверхности могут быть представлены следующим образом:

- покрытие на неподготовленную стальную поверхность  $K_1 = 1,0$
- покрытие на очищенную механическим способом стальную поверхность  $K_1 = 1,9$
- покрытие по обезжиренной и очищенной абразивным способом с удалением солей  $K_1 = 3,1$ .

Очистка наружной поверхности может производиться любым из известных способов, в том числе вручную.

Очистка внутренней поверхности сварного стыка может производиться стальной дробью, абразивными порошками (купершлак, топочные шлаки, корунд и др.), сухим кварцевым песком, шлифовальной машинкой. При этом степень очистки поверхности должна быть не менее Sa 2,5 по ISO 8501-1, шероховатость поверхности ( $R_z$ ) должна составлять от 40 до 60 мкм по ISO 8503-1, а

степень запыленности — не ниже эталонов 2–3 по ISO 8502-3. Через штангу осуществляется подвод энергоносителя очистного устройства и осуществляется отсос продуктов очистки.

По окончании процесса очистки извлекается из зоны стыка штангой очистное устройство внутренней поверхности. Производится контроль качества очистки поверхностей. Этап очистки завершен.

## Этап 3. Нанесение полимерного покрытия.

После очистки зоны трубного стыка устанавливается устройство для нанесения внутреннего покрытия с помощью штанги.

На наружную очищенную поверхность сварного стыка наносится термоусаживающийся изоляционный материал. Размещение материала производится на подготовленную наружную стальную поверхность и на конусную поверхность подготовленной заводской изоляции.

После чего снаружи устанавливается камера с индукционным нагревом. Нагрев незащищенной зоны трубного стыка осуществляется через нанесенный наружный полимерный материал токами высокой частоты (ТВЧ).

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. Параметры технологического процесса зависят от выбранной системы изоляционных материалов, от используемого оборудования и температуры окружающей среды. Этап нанесения покрытий завершен.

## Этап 4. Контроль сплошности покрытия.

После нанесения наружного термоусаживающегося изоляционного материала и внутреннего антикоррозионного покрытия производится контроль сплошности нанесенных покрытий с помощью специального устройства для контроля сплошности нанесенного 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 угонений и других нарушений сплошности защитных покрытий металлических изделий приложением импульсного высоковольтного напряжения и фиксации электрического пробоя [1].

## Итоги

Проведён анализ существующих методов соединения стальных труб, имеющих внутреннее полимерное покрытие и наружную изоляцию. Выявлены недостатки существующих методов соединения стальных труб, имеющих внутреннее полимерное покрытие и наружную изоляцию, и основные причины коррозии трубопровода. Разработана новая технология соединения стальных труб, устраняющая недостатки существующих методов.

## Выводы

Предлагаемый способ соединения труб с внутренним и наружным антикоррозионными покрытиями и устройство для его реализации по сравнению с аналогами:

1. Сохраняет однородность конструкции трубопровода, т.е. исключает изменение формы поперечного сечения по длине полученного соединения труб, что предотвращает возникновение динамических нагрузок;

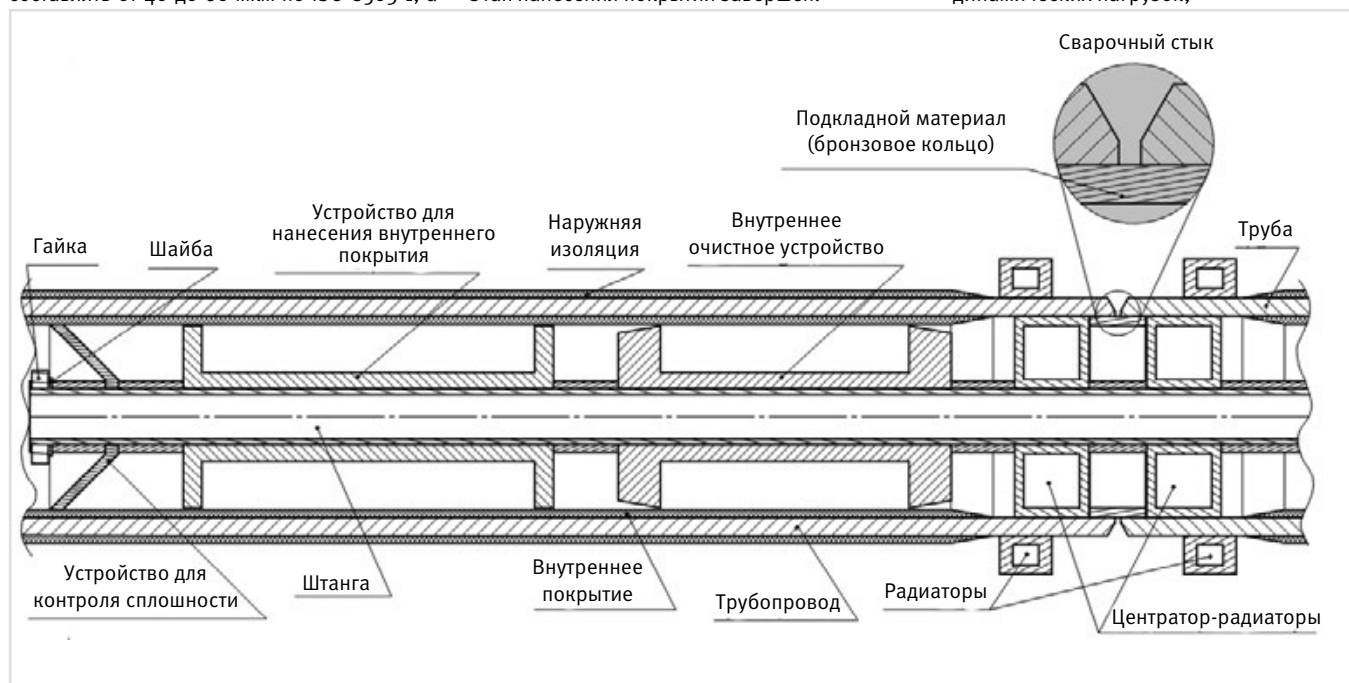


Рис. 1 — Устройство для соединения труб, размещенное внутри трубопровода и стыкуемой трубы

2. Сохраняет однородность покрытия между стыкаемой трубой и трубопроводом, что повышает герметичность, коррозионно-стойкость зоны сварного стыка;
3. 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;

4. Исключает применение дорогостоящих нержавеющей материалов (сталей, сплавов) в качестве защиты зоны сварного стыка, и т.д.

По данному способу была отправлена заявка в Роспатент на изобретение. В феврале 2013 года был дан положительный результат.

#### Список используемой литературы

1. Калачев М.В. Заявка №2012119217 РФ от 10.05.2012, патентообладатель: КНИТУ-КАИ.

ENGLISH

PIPES

## Compound steel pipe having an inner and an outer polymeric coating

UDC 621.643+622.692.4+620.193

#### Authors:

**Maxim V. Kalachev** — bachelor of engineering and technology, student<sup>1</sup>; [bosch116@mail.ru](mailto:bosch116@mail.ru)

**Igor A. Savin** — ph.d., professor, head of department "Design and Engineering Production Technology"<sup>1</sup>; [savin64@rambler.ru](mailto:savin64@rambler.ru)

<sup>1</sup>Naberezhnye Chelny branch of Kazan State Technical University named after Tupolev A.N., Naberezhnye Chelny, Russian Federation

#### Abstract

The main purpose of this paper is to provide a reliable and durable in operation of the pipeline, which has an inner and an outer polymer coating insulation and preservation of pipeline capacity and ease of installation. With the construction of long, fishing and pipelines, where the main type of connection is welding, pipe with an inner polymer coating and outer insulation so far used is limited. This is due to the fact that the mounting pipe during welding in a large coverage area of the weld burns. This is especially true of pipelines, inside of which can not get people (diameter 600 mm). Naked weld metal with prolonged contact with corrosive media is subjected to corrosion, which may be the cause of the accident.

#### Materials and methods

Metal polymers. Data of industrial research

#### Results

The analysis of existing methods of steel pipes with an inner polymer coating and the outer insulation. Identified shortcomings of existing techniques steel pipes having an inner and an outer polymeric coating of insulation, and the main cause of corrosion of the pipeline. The new technology of steel pipes, eliminating the drawbacks of existing methods.

#### Conclusions

The proposed method of connecting pipes with internal and external anti-corrosion coatings and device for its implementation compared with similar products:

1. Retains uniformity pipeline construction, ie eliminates modified cross-sectional shape

along the length of the resultant compound of pipes, which prevents dynamic loads;

2. Uniformity of the coating retains stykaemoy between the pipe and the pipe, increasing tightness, corrosion resistance zone of welded joint;
3. Reduces the complexity and requirements for welding technology, as it is made of a homogeneous material and welding brewed one seam, that is, made the traditional welding, which mastered in organizations involved in installation and laying of pipelines;
4. Eliminates the use of expensive corrosion-proof materials (steel, alloys) as a protection zone of the welded joint, etc.

In this method, the application has been sent to Rospatent for invention. In February 2013 was given a positive result.

#### Keywords

pipeline, the zone of welded joints, pipe joints, pipe coating

#### References

1. Kalachev M.V. Application number 2012119217 RF 10.05.2012, the patent owner: Kazan State Technical University named after Tupolev A.N.

Проводится по инициативе Министерства Деловой Федерации

Москва,  
Всероссийский выставочный центр,  
павильон № 55  
26 - 28 ноября 2013 г

**ТРУБЫ И ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ** РОССИЙСКАЯ ВЫСТАВКА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

ПРОИЗВОДСТВО  
СТРОИТЕЛЬСТВО  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ

СПЕЦЭКСПОЗИЦИЯ  
«БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУБОПРОВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЭК И ЖКХ»  
ДЕЛОВОЙ ФОРУМ  
«ДОБЫЧА. ТРАНСПОРТ. РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ»

Официальный сайт выставки  
[www.trubosystem.ru](http://www.trubosystem.ru)

Организатор выставки  
ЗАО ВК ВВЦ "Промышленность и строительство"  
т/ф. (499) 760-26-48, (499) 760-25-56, (499) 760-31-61

Организатор спецэкспозиции  
ЗАО "Полимергаз"  
т. (499) 763-22-13