

## **Быстрое соединение полиэтиленовых труб электромуфтовой сваркой нового поколения**

### **Техническое сравнение соединений с помощью новых муфт с коническими манжетами и традиционного соединения цилиндрической муфтой для полиэтиленовых труб номинальным диаметром от 1000 мм**

Роберт Экерт

Использование соединений с коническими манжетами приводит к революционным изменениям в технологии соединения труб большого диаметра. Технологичность нового соединения на порядок выше, чем у традиционных цилиндрических муфт. При этом достигается устойчиво высокое качество сварки, а сам процесс выполняется очень быстро по ясным и простым правилам. Любой знакомый со сборкой фланцев может работать и с коническими зажимными манжетами.

#### **ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА**

Трубопроводы из полиэтилена используются в разнообразных целях более 50 лет. При этом увеличивается применение труб очень большого диаметра (от 630 мм) в основном для перекачки воды, а также для орошения и дренажа. Но увеличение диаметра также приводит к росту требований к технологичности соединений. В этой области традиционные технологии (например, стыковая или электромуфтовая сварка) достигли своих пределов. Они очень требовательны к округлости труб и допускам на размеры сопрягаемых деталей, что противоречит фактической ситуации, поскольку рост размеров приводит к и увеличению допусков. Поэтому в современных условиях электромуфтовая сварка труб большого диаметра цилиндрической муфтой является очень трудоемкой технологией (см. рис. 1), требующей высокой квалификации исполнителя и особой тщательности во время выполнения соединения. Знаний, полученных в рамках обычной программы обучения сварщиков, уже не хватает для этого. Выполнение надежных соединений труб большого диаметра требует не только качества сопрягаемых поверхностей и использования хорошего оборудования, но и специализированного технического контроля.

Компенсация особо большого зазора в соединении и естественное восстановление округлости трубы теперь возможны при использовании конических манжет, обеспечивающих устойчиво высокое качество выполнения соединения.

#### **КРИТЕРИИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОМУФТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ ДИАМЕТРОМ ДО 1200 ММ, ВЫПОЛНЯЕМОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МУФТЫ**

Выполнение таких соединений стало возможным благодаря следующим решениям:

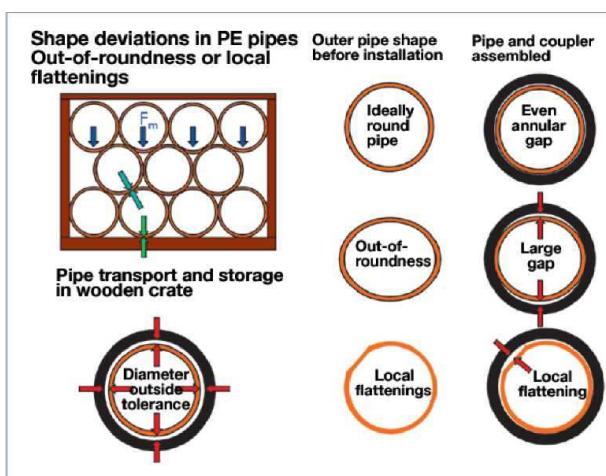
- армирование внешней цилиндрической поверхности муфты для улучшения качества сварного соединения (рис. 2), устойчивый рост давления расплава за счет сдерживания расширения корпуса муфты;
- предварительный нагрев для улучшения контакта деталей при наличии большого зазора;
- использование специальных приспособлений.



Рис. 1. Соединения с цилиндрическими муфтами требуют применения физических усилий из-за больших допусков.



Рис. 2. Внешнее армирование сдерживает расширение муфты при выполнении сварного соединения.



Shape deviations in PE pipes  
 Изменение формы полиэтиленовых труб  
 Out-of-roundness or local flattening  
 Отклонение от округлости или сплющенные участки поверхности  
 Outer pipe shape before installation  
 Форма трубы перед сборкой  
 Pipe and coupler assembled  
 Труба с муфтой в сборе  
 Ideally round pipe  
 Идеально круглая труба  
 Even annular gap  
 Равномерный кольцевой зазор  
 Out-of-roundness  
 Отклонение от округлости  
 Large gap  
 Большой зазор  
 Local flattening  
 Сплющенный участок поверхности  
 Pipe transport and storage in wooden crate  
 Перевозка и хранение труб в деревянных паллетах  
 Diameter outside tolerance  
 Внешний допуск на диаметр

Рис. 3. Схема возможных изменений формы трубы и их последствий

#### Внешнее армирование

Одним из важнейших параметров, влияющих на качество сварного шва, (кроме температуры и времени) является давление расплавленного материала. При электромуфтовой сварке происходит увеличение объема во время перехода материала из твердого состояния в жидкое. Зазор в соединении заполняется создаваемым расплавом, давление в котором растет из-за дальнейшего увеличения объема. Возникающие при этом силы приводят к увеличению диаметра муфты, следствием чего является увеличение размеров кольцевого зазора между ней и трубой. Без противодействия такому расширению муфты давление расплава упадет.

Внешнее армирование муфты (рис. 2) предотвращает ее расширение во время сварки из-за воздействия давления расплава. Сначала упругая, а затем пластическая деформация усиливающего корда приводит к последовательному росту сопротивления расширению. Напротив, применение жесткого усиления может вызвать прорыв расплава наружу, т.е. недопустимое падение давления. Влияние армирования часто хорошо заметно на практике. Так, после остывания соединения муфта сжимается, а армирующий корд - нет. Корд отстает от муфты в некоторых местах, что служит достоверным показателем ее реальной работы в процессе сварки с обеспечением оптимального давления расплава.

#### Предварительный нагрев

Ошибки, которые можно избежать при работе с трубами большого диаметра, в основном вызваны искажением формы трубы (отклонением от округлости и появлением снаружи плоских участков). При хранении и перевозке труб могут возникать условия, вызывающие такие отклонения поверхности трубы от идеально круглой формы. Кроме того, такие отклонения могут быть вызваны реакциями опор под собственным весом труб или линейно распределенными нагрузками (см. рис. 3). Если нельзя избежать отклонения от округлой формы трубы в целом, необходимо обеспечить сохранение ее формы в местах выполнения соединений. Для этого была разработана технология предварительного подогрева, улучшающая качество электромуфтовой сварки.

При хранении и на земле, и в деревянном паллете (слоями в шахматном порядке) на внешней поверхности труб возникают плоские участки. При стыковой сварке это может привести к недопустимому смещению поверхностей, а при электромуфтовой - к большому зазору между муфтой и трубой. Такой зазор (по всей окружности или в отдельных местах) может привести к недостаточному росту давления. Для устранения последствий таких отклонений, которые практически невозможно полностью исключить, их отрицательное влияние следует учитывать при проектировании муфты. Предварительный нагрев места соединения до температуры ниже точки плавления перед началом сварки уменьшает зазор в соединении (рис. 4).

При этом используются следующие особенности полиэтилена.

- Относительно большое тепловое расширение полиэтилена приводит к увеличению объема и сближению поверхностей трубы и муфты (т.е. к уменьшению зазора).
- Снятие напряжений в результате воздействия тепла и эффекта памяти материала: при снятии остаточных напряжений (например, вызванных деформацией во время хранения) труба "вспоминает" свою почти идеальную круглую форму, полученную в процессе производства, и пытается восстановить ее. Эффект памяти материала, характерный для пластмасс, известен уже давно. Он применяется во многих отраслях, например в медицинской технике.
- Нагрев места соединения до температуры ниже точки плавления увеличивает внутреннюю энергию материала перед сваркой, что улучшает условия для последующего процесса плавления.

### КОНЦЕПЦИЯ СОЕДИНЕНИЯ С КОНИЧЕСКИМИ МАНЖЕТАМИ

Использование новых соединений с коническими манжетами приводит к революционным изменениям в области технологии соединения труб большого диаметра. В результате механической компенсации очень большого относительного зазора между муфтой и трубой с помощью конической манжеты сборка соединения может быть исключительно простой. Из-за отсутствия зазора после сборки время сварки уменьшается примерно втрое при отсутствии необходимости предварительного нагрева.

Соединительная муфта состоит из 3 деталей: внешнего корпуса и 2 конических сварочных манжет (рис. 5). Изнутри с обеих сторон корпуса предусмотрены конические поверхности в месте сопряжения деталей. Являясь деталью, работающей под давлением, муфта рассчитана на номинальное давление 10 бар.

В конической сварочной манжете есть нагревательный элемент, уложенный в зигзагообразном порядке снаружи и внутри. Между отдельными зигзагами в теле конической манжеты выполнены разрывы в осевом направлении, обеспечивающие ее эластичность. Такие разрывы (рис. 6) обеспечивают механическое уменьшение номинального диаметра конической сварочной манжеты, которая заполняет осевой зазор между муфтой и трубой. В результате сборка соединения производится с минимальным усилием после механической обработки поверхностей за один проход вне зависимости от фактического размера трубы. При этом

обеспечивается полное перекрытие поверхностей, что необходимо для установки муфты в существующую магистраль, что ранее было очень сложной задачей.

При очень большом отклонении трубы от круглой формы эластичность манжеты в радиальном направлении упрощает ее установку на трубу. Компенсация такого отклонения обеспечивается сжатием конической манжеты муфтой. Это исключает необходимость применения зажимов для восстановления окружной формы.

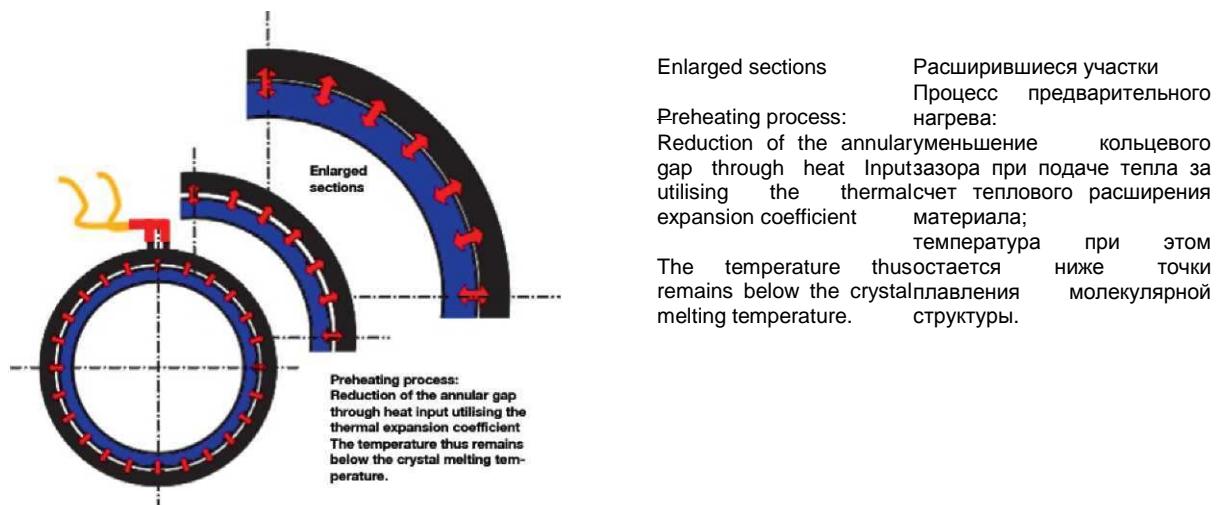


Рис. 4. Принцип действия предварительного нагрева



Рис. 5.

Соединительная муфта, состоящая из двух конических сварочных манжет и корпуса. Нижнее коническое манжеты перед сборкой, верхнее - в окончательном положении.

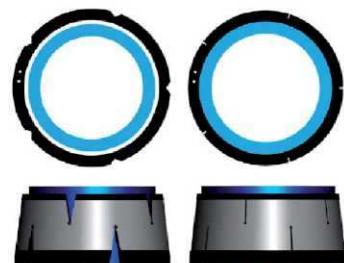


Рис. 6. Принцип работы конической сварочной манжеты: разрывы обеспечивают возможность эластичного уменьшения диаметра при заполнении манжетой зазора между трубой и муфтой.

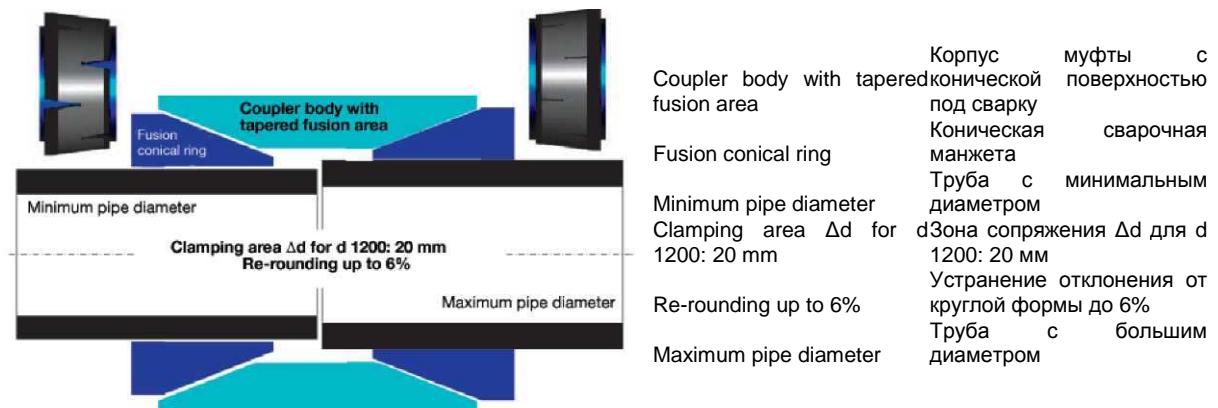


Рис. 7. Возможность сборки труб с разным фактическим диаметром



Рис. 8. Эластичность конической сварочной манжеты упрощает ее установку на трубы с большим отклонением от окружной формы

#### Технологический процесс

##### Удаление оксидного слоя

Для механической обработки места соединения труб большого диаметра разработано специальное приспособление, очень удобное в работе и требующее приложения минимальных усилий. Снятие за один проход слоя материала толщиной около 0,5 мм позволяет удалить окисленный слой и загрязнение с поверхности трубы и создать свежую поверхность полиэтилена для выполнения сварки. Выполнение механической обработки за несколько проходов для создания ровной поверхности или даже использование для этого электрических устройств сопряжено с риском неравномерного удаления слоя материала, созданием участков с максимальным зазором и, что не менее важно, поражением электрическим током. Но всё это уже в прошлом.

##### Установка корпуса муфты

Корпус заводится на трубу с минимальным усилием без каких-либо дополнительных операций. Внутренний диаметр муфты в свободном состоянии увеличен, при этом большое отклонение внешнего диаметра трубы от номинального никак не влияют на возможность сборки соединения (рис. 7). Компенсация большого отклонения трубы от круглой формы обеспечивается эластичной конической сварной манжетой (рис. 8). При ее установке в корпус муфты она плотно заполняет зазор между этим корпусом и трубой.

#### Приведение конического кольца в рабочее состояние

Конические манжеты запрессовываются в корпус муфты предусмотренными для этого прижимными болтами, которые затягиваются обычными ключами с трещоткой или пневматическими шуруповертами. При этом уменьшается внутренний диаметр конической манжеты, и зоны нагрева входят в плотный контакт с трубой и корпусом муфты без зазора. В результате соединяемые трубы фиксируются на месте. Сварка, естественно, сначала производится только с одной стороны муфты.

#### Сварка

Из-за механической компенсации зазора все сопрягаемые поверхности установлены относительно друг друга практически без зазоров. Поскольку в цилиндрических муфтах основная часть энергии расходуется для заполнения зазора, использование муфт с коническими кольцами позволяет не только уменьшить расход энергии, но и сократить время выполнения соединения.

#### Охлаждение

Уменьшение подачи энергии и сокращение времени сварки снижает уровень прогрева деталей, что позволяет подать в магистраль давление после очень быстрого охлаждения.

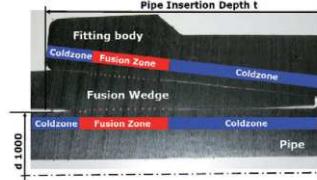
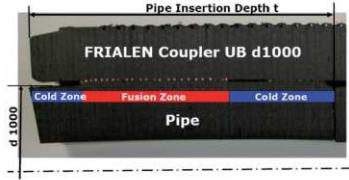
Сравнение	Муфта с коническими кольцами	Цилиндрическая муфта
Разрез места соединения		
	Pipe Insertion Depth Cold zone Fusion zone Fusion wedge Pipe FRIALEN Coupler UB d1000	Глубина установки трубы Холодная зона Область плавления Коническая сварная манжета Труба Муфта FRIALEN UB с внутренним диаметром 1000 мм
Характеристики	Соединение сваркой, внутренний диаметр 1000 мм	Соединение сваркой, внутренний диаметр 1000 мм
Толщина твердой стенки, несущей нагрузку от внутреннего давления	+	+
Глубина установки трубы внутрь направляющей части муфты	+	+
Большие области сварки, обеспечивающие надежность соединения	+	+
Большая внутренняя холодная область, устраняющая усадку концов труб	+	+
Предварительный нагрев для улучшения контакта деталей при наличии большого зазора	++: Не требуется: зазор устранен деформацией конического кольца	+
Усиление муфты снаружи для улучшения качества соединения	++: Не требуется	+
Безопасный рост давления расплава за счет ограничения расширения муфты		
Порядок выполнения соединения		
Удаление окисленного слоя	++: За один проход, вне зависимости от фактических размеров трубы	--: За несколько проходов (более 10 при большом отклонении фактического размера от номинального)
Восстановление окружной формы трубы	++: Не требуется	--: Необходимо использовать приспособления
Установка корпуса муфты	++: Простое надевание на трубу вне зависимости от ее состояния	--: Как правило, только после восстановления окружной формы трубы и с применением больших усилий.
Приведение конического кольца в рабочее состояние	+: Простое и определенное	(не требуется)
Сварка	++: Сокращение времени примерно в 3 раза	--: Может выполняться в течение нескольких часов
Охлаждение	++: Быстрое охлаждение перед опрессовкой и вводом в эксплуатацию	--: Требует много времени из-за высокой энергоемкости процесса
Типовое время выполнения соединения внутренним диаметром 1200 мм (пример)	Около 2 часов	Не менее 1 рабочего дня.

Таблица 1. Сравнение двух технологий электромуфтовой сварки

## ИСПЫТАНИЯ

Испытания сварных соединений с использованием конических манжет проводятся в соответствии с требованиями действующих норм:

- DVGW GW335-B2: "Пластиковые трубопроводы для газа и воды. Требования и испытания. Часть B2. Фитинги из полиэтилена марок PE 80 и PE 100", 2003 г.
- EN 12201-3: "Пластиковые трубопроводы для воды. Полиэтилен. Часть 3. Фитинги", 2003 г.

- EN 12201-5: "Пластиковые трубопроводы для воды. Полиэтилен. Часть 5. Пригодность для использования в системе", 2003 г.
- ISO 4427-3: "Пластиковые трубопроводы. Трубы и фитинги из полиэтилена для водопроводов. Часть 3. Фитинги", 2007 г.
- ISO 4427-5: "Пластиковые трубопроводы. Трубы и фитинги из полиэтилена для водопроводов. Часть 5. Пригодность для использования в системе", 2007 г.

Технология электромуфтовой сварки с использованием конических колец соответствует требованиям к современным напорным трубопроводам из полиэтилена.

#### **АВТОР**



#### **ДИПЛОМИРОВАННЫЙ ИНЖЕНЕР РОБЕРТ ЭКЕРТ**

FRIATEC AG, Манхайм,

Тел.: + 49 172-6425799,

Эл. почта: [robert.eckert@friatec.de](mailto:robert.eckert@friatec.de), [www.friatec.com](http://www.friatec.com)