

Техническое сравнение соединений с помощью новых муфт с коническими манжетами и традиционного соединения цилиндрической муфтой для полиэтиленовых труб номинальным диаметром более 1000 мм**Р. Экерт**

Рассмотрена концепция соединения труб большого диаметра методом электромуфтовой сварки при помощи муфт с коническими манжетами. Описаны практические аспекты выполнения соединений таких труб. В частности, указываются причины роста требований к качеству сварных соединений с ростом диаметра соединяемых труб. Рассмотрена конструкция муфты с коническими манжетами, а также технология монтажа данного вида муфт. Приводится сравнение двух технологий — электромуфтовой сварки труб большого диаметра при помощи цилиндрических муфт и электромуфтовой сварки труб при помощи муфт с коническими манжетами. В заключении приводится список европейских нормативных документов, на основании которых испытываются сварные соединения, выполненные при помощи муфт с коническими манжетами.

Ключевые слова: полиэтиленовые трубы, сварка с закладными нагревателями, конические манжеты, внутреннее армирование муфт, трубопроводные системы, техника соединения труб большого диаметра.

Введение. Использование на практике соединений с коническими манжетами привело к революционным изменениям в технологии соединения труб большого диаметра. Технологичность нового соединения стала 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 специалист, знакомый со сборкой фланцев, может работать и с коническими зажимными манжетами.

Трубопроводы из полиэтилена используются в разнообразных целях более 50 лет. При этом увеличилось применение труб очень большого диаметра (от 630 мм) в основном для перекачки воды, а также для орошения и дренажа. Увеличение диаметра труб привело и к росту требований к технологичности соединений. В этой области традиционные технологии (например, стыковая или электромуфтовая сварка) достигли своих пределов. Они очень требовательны к округлости трубы и допускам на размеры сопрягаемых деталей. Фактически рост размеров приводит к увеличению допусков. Поэтому в современных условиях электромуфтовая сварка труб большого диаметра цилиндрической муфтой является очень трудоёмкой технологией, требующей высокой квалификации исполнителя и особой тщательности во время выполнения соединения (рис. 1). Знаний, полученных в рамках обычной программы обучения сварщиков, для этого уже не хватает. 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 счёт 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

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 растёт 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 предотвращает её расширение во время сварки из-за воздействия давления расплава (рис. 2). 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 её 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 распределёнными нагрузками (рис. 3). Если нельзя избежать отклонения от округлой формы трубы в целом, необходимо обеспечить сохранение её формы в местах выполнения соединений. Для этого была разработана технология предварительного подогрева улучшающая качество электромуфтовой сварки.

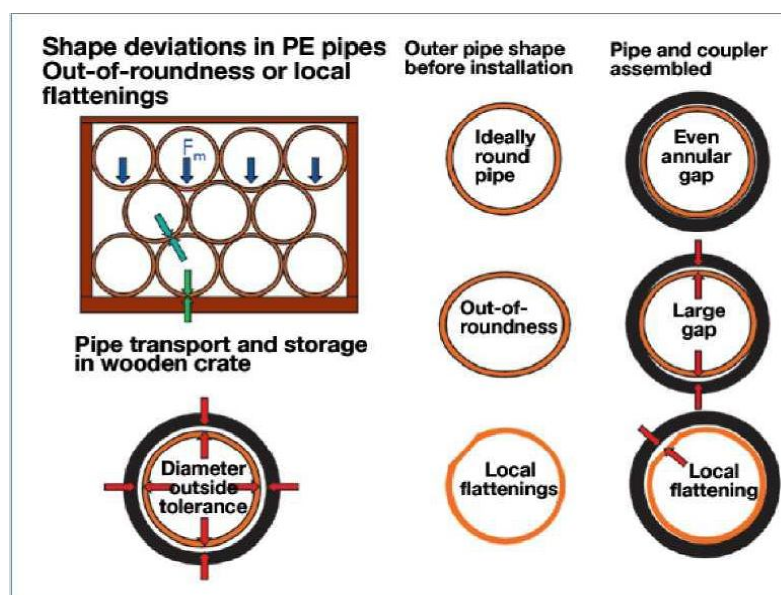


Рис. 3. Схема возможных изменений формы трубы и их последствий

Таблица 1

Перевод обозначений на рисунке 3	
Shape deviations in PE pipes	Изменение формы полиэтиленовых труб
Out-of-roundness or local flattenings	Отклонение от округлости или сплюснутые 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	Сплюснутый участок поверхности
Pipe transport and storage in wooden crate	Перевозка и хранение труб в деревянных паллетах
Diameter outside tolerance	Внешний допуск на диаметр

При хранении как на земле, так и на 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 недостаточно-

му 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).

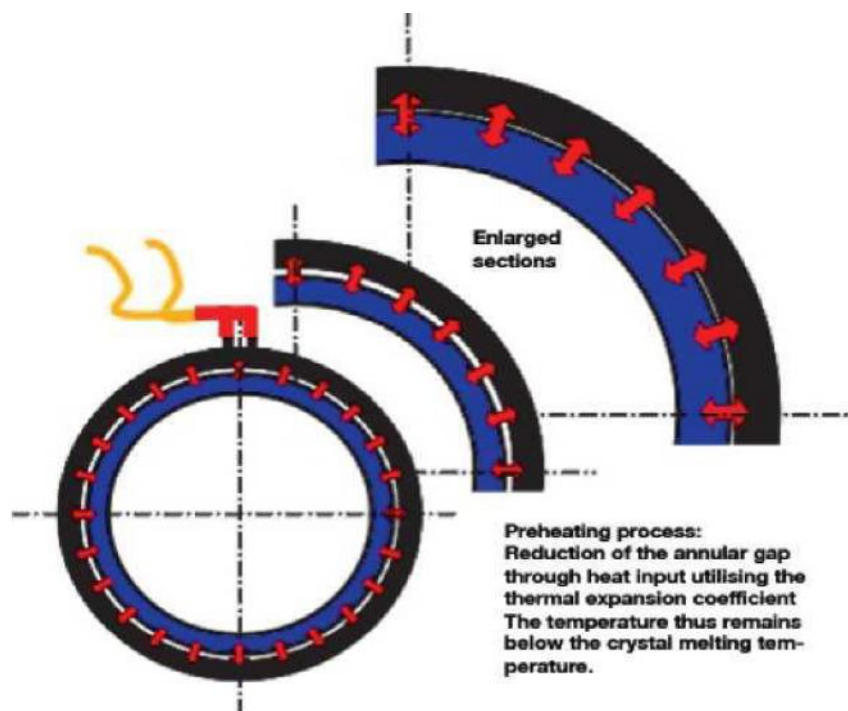


Рис. 4. Принцип действия предварительного нагрева

Таблица 2

Перевод обозначений на рисунке 4

Enlarged sections	Расширившиеся участки
Preheating process	Процесс предварительного нагрева
Reduction of the annular gap through heat Input	Уменьшение кольцевого зазора при подаче тепла за счёт теплового расширения материала
The temperature thus remains below the crystal melting temperature.	Температура при этом остаётся ниже точки плавления молекулярной структуры.

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 её. 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. Перемещение конических манжет вдоль оси трубы при сборке муфт перед сваркой позволяет устранить зазор между соединяемыми деталями даже при очень большой величине относительного зазора. В результате этого улучшается контакт между свариваемыми поверхностями, появляется возможность исключить предварительный подогрев и существенно повысить производительность монтажных работ. Применение новой технологии уменьшает время сборки и сварке втрое.

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.

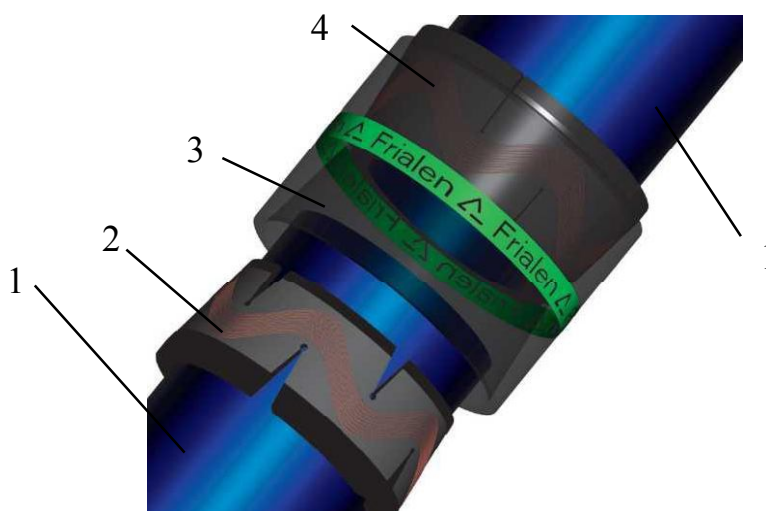


Рис. 5. Соединительная муфта с коническими манжетами:
1 – соединяемые трубы; 2 – коническая манжета до сборки; 3 – муфта;
4 – коническая манжета собранная с муфтой.

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 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 (рис. 6). При этом обеспечивается полное перекрытие поверхностей, что необходимо для установки муфты в существующую магистраль. Ранее это 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 округлой формы.

Технологический процесс. Удаление оксидного слоя. Для механической обработки места соединения труб большого диаметра разработано специальное приспособление, требующее приложения минимальных усилий и очень удобное в работе. Снятие за один проход слоя материала толщиной около 0,5 мм позволяет удалять окисленный слой, загрязнение с поверхности трубы и создавать свежую поверхность полиэтилена для выполнения сварки. Выполнение механической обработки за не-

сколько проходов для создания ровной поверхности, или 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.

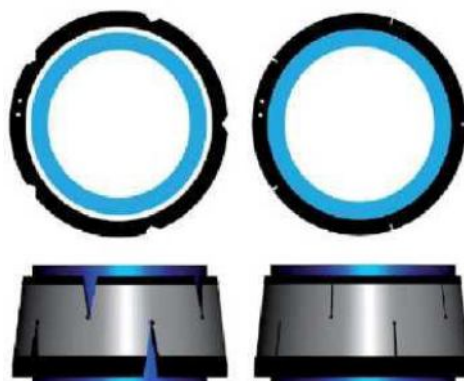


Рис. 6. Принцип работы конической сварочной манжеты: разрывы обеспечивают возможность эластичного уменьшения диаметра при заполнении манжетой зазора между трубой и муфтой

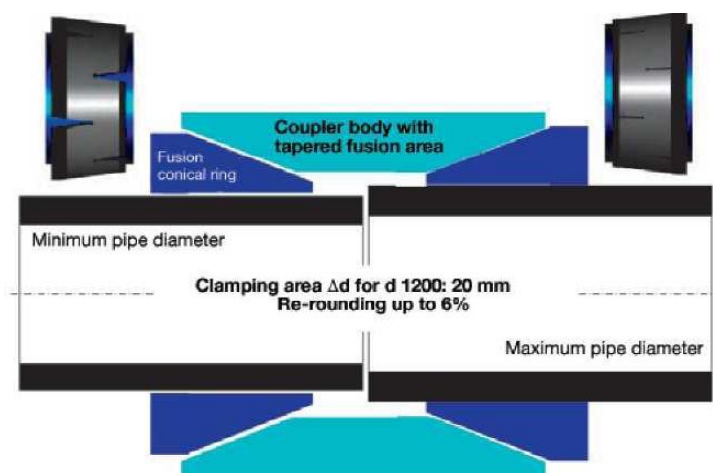


Рис. 7. Возможность сборки труб с разным фактическим диаметром

Таблица 3

Перевод обозначений на рисунке 7

Coupler body with tapered fusion area	Корпус муфты с конической поверхностью под сварку
Fusion conical ring	Коническая сварочная манжета
Minimum pipe diameter	Труба с минимальным диаметром
Clamping area Δd for d 1200: 20 mm	Зона сопряжения Δd для d 1200: 20 мм
Re-rounding up to 6%	Устранение отклонения от круглой формы до 6%
Maximum pipe diameter	Труба с большим диаметром



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

Установка корпуса муфты. Корпус заводится на трубу с минимальным усилием без каких-либо дополнительных операций. Внутреннего диаметра 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, а 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.

В таблицах 4 и 5 описано сравнение двух технологий для муфты с коническими кольцами и цилиндрической муфты.

Сравнение двух технологий электромужфтовой сварки

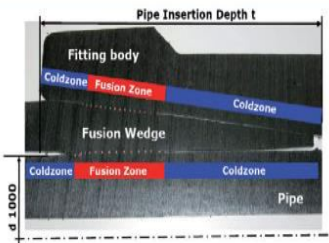
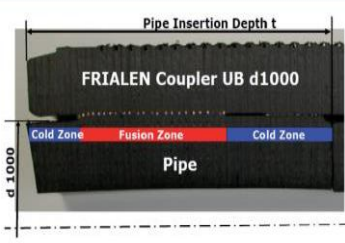
Характеристика или узел	Муфта с коническими кольцами	Цилиндрическая муфта
Разрез места соединения		
	Pipe Insertion Depth	Глубина установки трубы
	Cold zone	Холодная зона
	Fusion zone	Область плавления
	Fusion wedge	Коническая сварная манжета
	Pipe	Труба
	FRIALEN Coupler UB d1000	Муфта FRIALEN UB с внутренним 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 устранён деформацией конического кольца	+
Усиление муфты снаружи для улучшения качества соединения	++: Не требуется	+
Безопасный рост давления расплава за счет ограничения расширения муфты		

Таблица 5

Порядок выполнения соединения

Процесс, характеристика	Муфта с коническими кольцами	Цилиндрическая муфта
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 округлой формы трубы	++: Не требуется	--: Необходимо использовать приспособления
Установка корпуса муфты	++: Простое надевание на трубу вне зависимости от ее состояния	--: Как правило, только после восстановления округлой 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	--: Требуется много времени из-за высокой энергоемкости процесса
Типовое время выполнения соединения внутренним диаметром 1200 мм (пример)	Около 2 часов	Не менее 1 рабочего дня.

Выводы

1. Использование новых технологий соединения полимерных труб большого диаметра с использованием конических манжет существенно улучшает технологичность сварки полиэтиленовых труб большого диаметра в результате механического устранения относительного зазора между муфтой и трубой с помощью конической манжеты.

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

3. Испытания сварных соединений с использованием конических манжет в соответствии с требованиями действующих норм доказали высокую эффективность новой технологии сварки полиэтиленовых труб большого диаметра.

Материал поступил в редакцию 15.10.2014.

References

1. DVGW GW 335-B2:2004-09 «Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasser - verteilung; Anforderungen und Prüfungen – Teil B2: Formstücke aus PE 80 und PE 100».

2. EN 12201-3:2011 «Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure - Polyethylene (PE). Part 3: Fittings».

3. EN 12201-5:2011 «Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure - Polyethylene (PE). Part 5: Fitness for purpose of the system».

4. ISO 4427-3:2007 «Plastics piping systems - Polyethylene (PE) pipes and fittings for water supply. Part 3: Fittings

5. ISO 4427-5:2007 «Plastics piping systems - Polyethylene (PE) pipes and fittings for water supply. Part 5: Fitness for purpose of the system».

ENGINEERING COMPARISON OF COMPOUNDS WITH NEW COUPLINGS WITH TAPERED CUFFS AND A TRADITIONAL CYLINDRICAL CONNECTION COUPLING FOR PE PIPES WITH NOMINAL DIAMETER OF 1000 MM

R. Eckert

The concept of connecting large-diameter pipes by the electrofusion welding using couplings with tapered cuffs is considered. Practical aspects of the coupling of such pipes are described. In particular, the reasons for the increase in requirements to the quality of welded joints with the enlargement of the pipe diameter are stated. The design of the coupling with tapered cuffs, as well as the assembly technique of this type of coupling is considered. Two technologies – the electrofusion welding of large-diameter pipes using cylindrical couplings, and the electrofusion welding of pipes by means of couplings with tapered cuffs – are compared. In conclusion, a list of the European regulations on which the welds made by means of couplings with tapered cuffs are tested, is given.

Keywords: PE pipes, welding with embedded heaters, tapered cuffs, internal coupling armoring, pipeline systems, coupling technique for large-diameter pipes.