

Технология электромужфтовой сварки труб диаметром до 800 мм.

Роберт Экерт, дипломированный инженер

Выступление на конференции

Полиэтиленовые трубы успешно используются почти 50 лет. Сейчас полиэтилен широко применяется в газопроводах и водопроводах, системах канализации, а также в различных отраслях промышленности. Трубопроводы из полиэтилена, в том числе и большого диаметра, стали нормой при оформлении конкурсных заявок и технических условий предприятиями, занимающимися инженерными сетями. В настоящее время обычным стало использование трубопроводов с номинальным диаметром 500 мм и выше. Даже для труб большого диаметра электромужфтовая сварка является незаменимым методом соединения. Практический технический опыт в области технологии и применения этого метода является не только основой безопасной и надежной работы, но и повышает ее экономическую эффективность, как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации.

ПОЛИЭТИЛЕН - ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

При установке первых труб из полиэтилена около 45 лет тому назад основное внимание уделялось вопросам их надежности и ресурса. Те, кто начинали с ними работать, естественно, могли опираться не на опыт эксплуатации, а на теоретические допущения. Прогнозирование долгосрочных характеристик труб было упрощено использованием теории, уже разработанной Аррениусом. В основе этого метода лежит идея о том, что срок службы пластиковой трубы можно определить испытаниями при повышенной температуре за меньшее время. Глядя назад, можно сказать, что эти утверждения были верными. Теория, разработанная Аррениусом, стала с течением времени составной частью всех основных стандартов на материалы, являясь основным подтверждением срока службы, рабочего давления и рабочей температуры материалов для труб. Одновременно за последние десятилетия существенно увеличился объем знаний о полиэтилене, что привело к постоянному совершенствованию его характеристик. В настоящее время можно подстроить большинство характеристик материала под особые требования, определяемые условиями применения. Полиэтилен прекрасно зарекомендовал себя в качестве материала для производства труб, а также в других областях повседневной жизни. По сравнению с традиционными материалами у пластмасс много различных преимуществ, и не только с технической точки зрения - экономическая выгода также говорит в пользу полиэтилена. Кроме всего сказанного выше, для работы с полиэтиленовыми трубами в строительстве характерны такие особенности, как малый вес, высокая гибкость и прекрасная ударная прочность труб, а также наличие безопасной и проверенной технологии их соединения. Гладкая внутренняя поверхность гарантирует малые потери на трение о стенки при эксплуатации. При этом, как правило, в водопроводах из полиэтиленовых труб не происходит ухудшение гидравлических характеристик за счет появления отложений и налета. Для полиэтиленовых трубопроводов характерно полное отсутствие коррозии. Кроме того, следует отметить прекрасную ударную прочность, хорошую свариваемость и другие высокие характеристики. Все это позволяет сделать прогноз о том, что срок службы полиэтилена третьего поколения должен составить 100 лет.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТИНГОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМУЖФТОВОЙ СВАРКИ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

В практическом использовании труб особую важность имеет технология их соединения, которая должна соответствовать требованиям, предъявляемым к трубопроводу. Современные методы сварки опираются на возможность получения оптимального однородного места соединения с использованием сварки встык нагревательным инструментом и электромужфтовой сварки. В результате получается единый однородный трубопровод, состоящий из отдельных труб определенной длины. Прочность места соединения, выполненного электромужфтовой сваркой обычно даже выше, чем у самой трубы. Это можно наглядно показать при экспериментальном определении прочности на разрыв и растяжение. Фитинги для электрической сварки в настоящее время используются для труб диаметром до 800 мм (32 дюйма) в форме муфт для осевых соединений и седлообразных деталей для ответвлений и подсоединений. В определенных случаях можно достичь номинального рабочего давления 25 бар при

использовании полиэтилена PE 100 с соответствующим подбором размеров. В газопроводах максимальное рабочее давление для полиэтилена PE 100 ограничено уровнем 10 бар. Удобство в работе, широкая область применения и, - естественно, в первую очередь, - надежность и безопасность технологического процесса, - вот основные цели тех, кто разрабатывает материалы для коммерческого применения.

КОНСТРУКЦИЯ ФИТИНГОВ: КРИТЕРИИ

Конструкция фитингов для электромужфтовой сварки основана на следующих критериях (рис. 1):

- Большая толщина стенки, способная воспринимать высокое внутреннее давление
- Большая длина участка, в который входит труба, и который работает в качестве направляющей для нее
- Широкие зоны сварки, обеспечивающие надежность соединения
- Широкая внутренняя холодная зона, устраняющая эффект изгиба концов труб.
- Открытая нагревательная спираль для оптимальной теплопередачи
- Предварительный прогрев, обеспечивающий возможность перекрытия больших зазоров
- Усиление внешней цилиндрической поверхности для улучшения качества соединения (рис. 2)
- Раздельные области плавления, обеспечивающие гибкость при установке
- Разумное использование установочных приспособлений

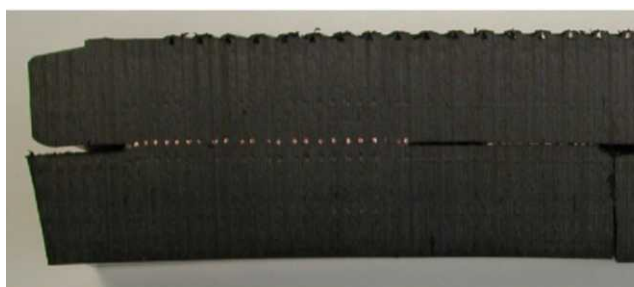


Fig. 1:
Section through a welded joint d 800 mm



Fig. 2:
Рис. 1. Разрез по сварной зоне трубопровода диаметром 800 мм
Рис. 2. Внешнее усиление фитинга предотвращает его расширение при сварке

БЕЗОПАСНЫЙ РОСТ ДАВЛЕНИЯ РАСПЛАВА ЗА СЧЕТ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСШИРЕНИЯ

Кроме температуры и времени, еще одним важным параметром для стыков, получаемых плавлением, является давление, возникающее в расплавленной зоне. При сварке встык такое давление при соединении труб обычно создается гидравлическим оборудованием достаточно сложным способом с использованием позиционеров, в которых закрепляются трубы. При электромужфтовой сварке для этого используется увеличение объема при фазовом переходе от твердого к жидкому состоянию вещества. Зазор в соединении заполняется создаваемым расплавом, а давление в нем растет из-за дальнейшего увеличения объема. В результате возникают силы, которые стремятся расширить муфту в радиальном направлении, причем их величина зависит от размера радиального зазора между муфтой и трубой. Если при этом не сдержать расширение, давление расплава уменьшится. Внешнее усиление на муфте (рис. 2) предотвращает ее расширение во время процесса плавления под действием давления расплава. Армирование сначала сохраняет эластичность, постепенно увеличивая сопротивление расширению муфты. Напротив, жесткость усиления может привести к выбросу расплава с недопустимым падением давления. Работу усиления можно хорошо увидеть на практике: после остывания места соединения муфта опять сожмется, а армирование - нет. Оно отделится от муфты в некоторых местах, что точно укажет на то, что усиление работало при выполнении соединения, и что было достигнуто оптимальное давление расплава. Если это физическое явление не было учтено при разработке изделий для соединения труб большого диаметра, возникнут такие типовые дефекты, как раковины, появившиеся в результате усадки в области плавления.

ПОРЯДОК РАБОТЫ С МУФТАМИ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА

Ниже кратко описаны наиболее важные технологические этапы:

- **Отрезание труб под прямым углом к оси трубы**

Для этого не нужны сложные приспособления - практика показывает, что это можно сделать электрическим лобзиком. Наметьте линию реза под прямым углом по всей окружности можно лентой. Кроме того, можно использовать цепную пилу. Для полного исключения попадания масла в место плавления цепи пилы нельзя смазывать. Необходимо обязательно соблюдать указания изготовителя и правила техники безопасности.

- **Разметка области удаления слоя окислов с поверхности трубы** (глубина входа трубы в муфту + около 5 мм)

- **Удаление слоя окислов скребком**

Использование ручного скребка для труб большого диаметра нецелесообразно в первую очередь из-за того, что это требует больших усилий, а не по экономическим или техническим соображениям. Для трубы внутренним диаметром 630 мм длина окружности, подлежащей механической обработке, составляет около 2000 мм (рис. 3). При необходимости трубы нужно повторно обрабатывать скребком в области верхнего предела допуска. Поэтому настоятельно рекомендуется или даже предписывается использовать механические скребки. Посадка для трубы и муфты определяется жесткими параметрами. Для больших труб также увеличивается допуск на посадку с натягом для внешнего диаметра трубы (см. таблицу 1). Хотя необходимо обеспечить установку фитингов в соответствии с условиями работы трубопровода, практика показывает, что может потребоваться дополнительная механическая обработка для уменьшения диаметра трубы и упрощения ее входа в муфту. При повторной обработке скребком следует учитывать, что отклонение от округлости усложнит монтаж.

Рис. 3

Профессиональная подготовка поверхности под электромуфтовую сварку для питьевого водопровода внутренним диаметром 355 мм с помощью механического скребка FWSG710L



- **При необходимости выполните**

предварительный прогрев (см. "Практический опыт и устранение проблем: порядок предварительного прогрева"). Выполните процесс электромуфтовой сварки (рис. 5).

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ И УСТРАНЕНИЕ ПРОБЛЕМ: ПОРЯДОК ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПРОГРЕВА

Ошибки в работе с трубами большого диаметра, которых можно избежать, в основном вызваны отклонениями формы от нормы: отклонение от круглости и плоскостность внешней цилиндрической поверхности. 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. 6).



Рис. 6 Отклонения формы труб из полиэтилена. Отклонение от круглой формы или местное уплощение. Схемы возможных изменений контура трубы и их влияний.

Если в целом нельзя избежать отклонения поверхности трубы от круглой формы, у фитингов должна быть достаточная прочность в соответствующем направлении для сопротивления отклонениям от нормальной формы. Поэтому был разработан метод предварительного прогрева для улучшения посадки при создании соединения трубы с муфтой. И хранение труб на земле, и нарушение расположения слоев труб в деревянном контейнере могут привести к местному сплющиванию внешней цилиндрической поверхности трубы. При сварке встык это приведет к недопустимому смещению кромок, при электромуфтовой сварке это может стать причиной увеличения зазора между муфтой и трубой. Большой зазор между трубой и установленной муфтой, - как по всей окружности, так и в отдельных местах, - может привести в крайних случаях к недостаточному росту давления расплава. Для устранения последствий таких отклонений, которые практически сложно полностью исключить, их отрицательное влияние следует учитывать при проектировании муфты. Предварительный нагрев области соединения (с более низкой температурой, чем температура плавления), уменьшает зазор в соединении (рис. 7). При этом используются особые свойства полиэтилена:

- Относительно большое тепловое расширение полиэтилена приводит к увеличению объема, в результате которого поверхности трубы и муфты сближаются, и уменьшается зазор в соединении.
- Снятие внутренних напряжений под влиянием тепла и эффекта памяти материала: снимаются остаточные напряжения (например, вызванные отклонением от круглой формы при хранении), и при этом труба "вспоминает" идеально круглую форму, полученную при ее изготовлении, и стремится восстановить ее. Эффект памяти материала для пластмасс известен уже давно. Он используется в различных отраслях, например, в медицинской технике.
- Подача тепла в область соединения при температуре ниже температуры плавления увеличивает энергетический уровень в этой области перед соединением деталей, что улучшает условия последующего процесса расплавления материала

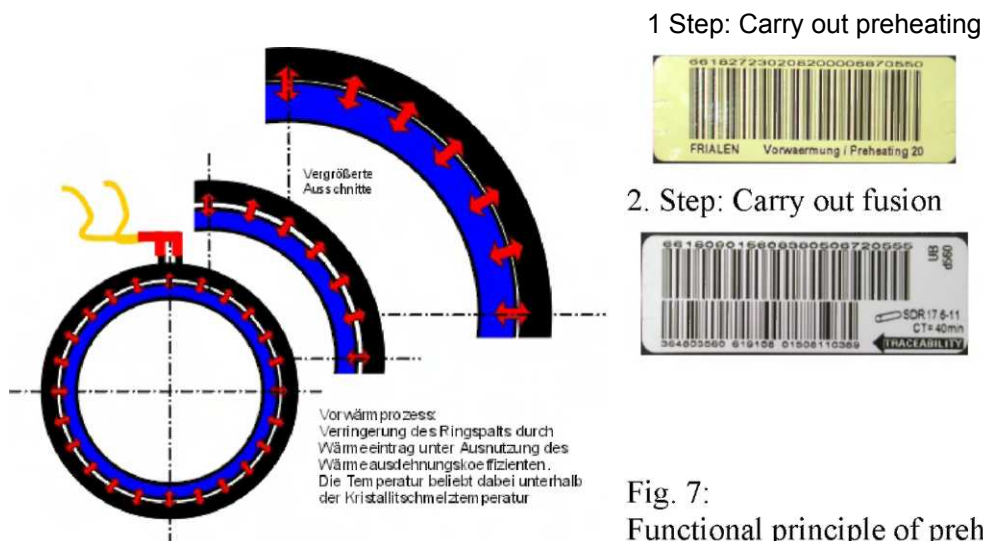


Fig. 7: Functional principle of preheating.

Этап 1. Выполнение предварительного прогрева

Этап 2. Выполнение плавления материала

Рис. 7. Принцип работы предварительного прогрева

Процесс предварительного прогрева: уменьшение радиального зазора за счет подачи тепла с использованием эффекта теплового расширения. При этом температура остается ниже точки плавления кристаллической решетки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Был получен прекрасный опыт в многочисленных областях применения труб большого диаметра из полиэтилена. Преимущества материала и технологии выполнения соединений (методом электромужфтовой сварки) дают основания ожидать достижения оптимальных режимов монтажа и эксплуатации с экономической и технической точек зрения, а также длительного срока службы. Новые фитинги и новаторские технологии монтажа раскрывают возможности экономии средств, что увеличивает привлекательность трубопроводов из полиэтилена.