

Повышение надежности в соединении труба – трубная доска.

Выбор типа соединения и метода сварки играет важную роль в повышении надежности и герметичности соединения трубка – трубная доска.

Гарри В. Эберт (Harry W. Ebert)

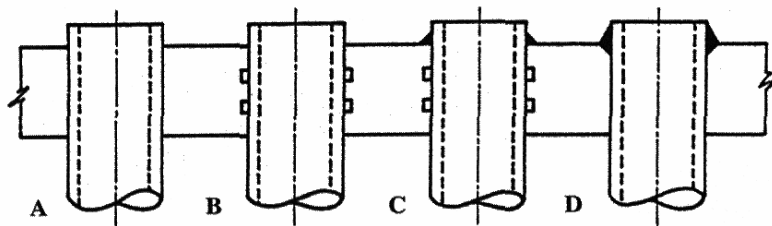


Рис.1 – четыре типа соединения трубка – трубная доска. А – вальцовка, В – вальцовка с канавками, С – вальцовка с канавками и герметизирующей сваркой, D – сварка с высокой механической прочностью (без вальцовки и канавок).

Тип сварного соединения и метод сварки играют решающую роль в надежности и герметичности соединения между трубками и трубной доской.

Система правил и спецификации, изданные Американским Сообществом Инженеров Механиков (ASME), Ассоциацией производителей трубчатых теплообменников (TEMA) и другие рекомендуют несколько способов соединения трубок с трубной доской. Так же они определяют эффективность различных типов соединений. При выборе метода соединения необходимо учитывать требования по механической прочности соединения, а так же требования по его герметичности. В то время, как разработчики основное внимание уделяют прочности соединения, эта статья основное внимание уделяет герметичности сварного соединения между трубкой и трубной доской (Т/ТД).

Типы соединений трубка – трубная доска.

Четыре типа соединений трубка – трубная доска представлены на Рис.1. Однако только три из четырех наиболее часто и используются в практике. Описание всех четырех типов соединений приведены ниже:

- **Развальцовка или раскатывание (без канавок).**
- **Сварка с высокой механической прочностью (без канавок).**

Соединение (Рис. 1А) имеет ограниченное применение, т.к. без канавок и сварного соединения обладает низкими механическими и герметизирующими свойствами.

- **Развальцовка или раскатывание (с канавками).**

Этот тип соединения (Рис.1В) основан на развальцовке трубки в канавки, что повышает механические и герметизирующие свойства. Этот тип соединения достаточно широко распространен в случае, когда требования к механическим и герметизирующим свойствам невысоки.

- **Развальцовка или раскатывание с герметизирующей сваркой (с канавками).**

На Рис.1С показано соединение с герметизирующей сваркой для увеличения герметизирующих свойств. Этот метод так же может быть использован для герметизации соединений Т/ТД при ремонте соединений выполненных по схеме Рис. 1В.

Этот тип соединения Рис. 1D позволяет получить высокие механические и герметизирующие свойства одновременно. Обычно такой тип соединения применяется в тех случаях, когда теплообменник подвергается высоким механическим и/или термомеханическим нагрузкам и негерметичность соединения недопустима. Для соединений типа Рис.1В и Рис.1С применяется глубокая развальцовка, приводящая к достаточно глубокому выдавливанию металла трубки в канавки, что обеспечивает механические и герметизирующие свойства. Для соединения типа Рис.1D применяется легкая развальцовка после сварки для минимизации коррозионных проблем.

Определения

Следующие вводимые определения, основанные на положениях ASME, помогут разделить два типа соединения – герметизирующая сварка и прочностная сварка.

- **Герметизирующая сварка**

Применяется для герметизации вальцованного соединения Т/ТД. Она не предназначена для обеспечения механической прочности соединения.

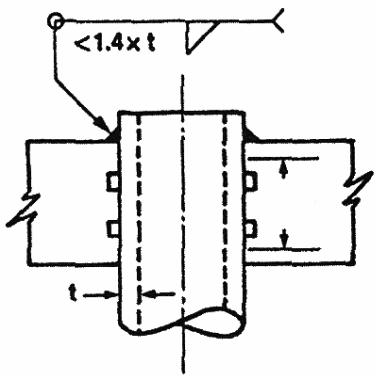


Рис.2 – Развальцовка с герметизирующей сваркой.

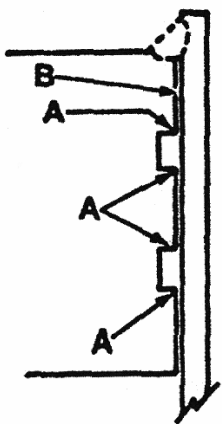


Рис.3 – Развальцовка трубы в отверстии с канавками.



Рис.4 – Сквозной (верх) и скрытый (низ) дефект сварки.

• Прочностная сварка

Применяется для обеспечения механической прочности, которая соответствует или превышает механическую прочность трубок. Для многих задач это требует применения глубины разделки и катета сварного шва не менее 1.4 толщины трубки.

Выбор герметизирующей сварки при соединении Т/ТД.

Существуют две причины для выбора герметизирующей сварки Т/ТД. Во первых конструктор может выбрать данный тип соединения для повышения надежности узла в сравнении с соединением вальцовкой. Наиболее часто это встречается в применениях, где утечка или смешивание двух сред не допускается.

Во-вторых, при ремонте данный тип соединения выбирается для ремонта подтекающих вальцованных соединений. Иногда после механических или термических циклических нагрузок вальцованное соединение теряет свою герметичность. Кроме того, повторная вальцовка может впоследствии привести к образованию новых дефектов.

• Производство герметизирующей сварки соединения Т/ТД.

При проведении герметизирующей сварки Т/ТД (Рис. 2) обычно производят работы в следующей последовательности:

1. Очистка концов трубок и отверстий в трубной доске.
2. Монтаж трубок.
3. Легкая развальцовка для обеспечения центровки и контакта.
4. Производство однопроходной герметизирующей сварки.
5. Окончательная «силовая» развальцовка в области канавок.

При ремонте последовательность операций схожая, кроме отсутствия предварительной «легкой» развальцовки.

• Потенциальные проблемы.

Конструкция и последовательность операций при герметизирующей сварке вызывает определенные проблемы. Очевидно, что при вальцевании образуются четыре лабиринтных уплотнения по кромкам двух канавок. Опыт показывает, что даже «легкая»

вальцовка приводит к такой герметизации, т.к. металл трубки выдавливается в просвет канавки. Любой тип вальцовки приводит к полной или частичной герметизации в зоне А (Рис. 3).

Все пространство между отверстием в трубной доске и наружной поверхностью трубки, зона В (Рис. 3), содержит различные субстанции, которые испаряясь при повышении температуры создают высокое давление. Субстанцией может быть конденсат, жидкость, применяемая при гидростатических тестах, масло, оставшееся после механической обработки, остатки жидкости от утечки. Нагрев при сварке может привести к «взрывному» испарению этих субстанций, которые могут при этом увеличиваться в объеме до 600 раз. Обычно это не приводит к серьезным повреждениям, если образовавшиеся газы выходят через не сваренные участки соединения или вдоль длинной части трубки. Однако, если трубка достаточно развальцована и сварной шов достигает зоны перекрытия застывающий сварной шов становится единственным местом выхода образовавшихся газов. Когда сжатый газ пытается выйти наружу, могут произойти две вещи:

- он может проделать свищ в сварочном соединении (Рис. 4 – верхняя часть). Поскольку методы дефектоскопии позволяют легко обнаружить такого типа дефекты, то они не представляют проблем и легко устраняются повторной сваркой.
- он может проделать отверстие в сварном шве, не выходящее на поверхность (Рис. 4 – нижняя часть), что не позволит определить такой дефект традиционными методами поверхностной дефектоскопии. Зачастую такой дефект не доходит до поверхности менее чем 0.7 мм. Уже после нескольких циклов нагружения или термоциклирования такой дефект приведет к нарушению герметичности.

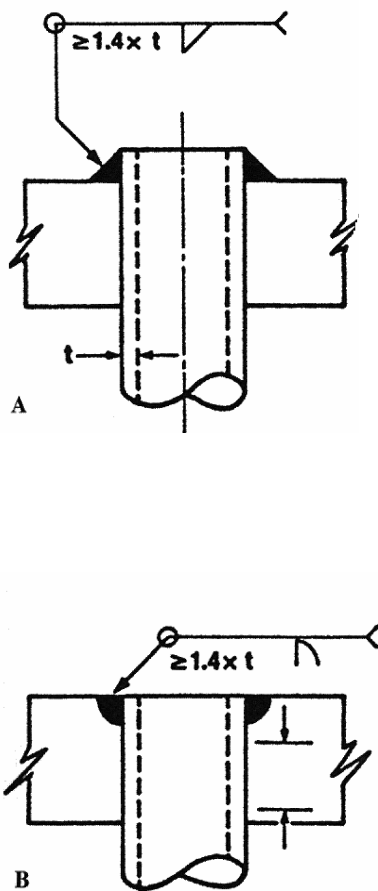


Рис.5 – Типичное соединение трубка – трубная доска с высокой механической прочностью. А – сварка внахлест; В – сварка в разделку.

Сварка с высокой механической прочностью.

Так как сварка с высокой механической прочностью производится с высоким качеством каждого шва и применением присадочного материала, нет необходимости производить вальцовку. Таким образом, отсутствует проблема дефектов, описанных выше. Кроме того, такой тип сварки позволяет выбирать между сваркой в разделку (Рис. 5В), сваркой внахлест (Рис. 5А) или комбинировать оба этих способа. Часто способ сварки в разделку применяется для избежания деформации сварного шва при сварке трубной доски в горизонтальном положении. Комбинированный способ сварки применяется для минимизации количества сварных швов и наиболее удобен при применении автоматического сварочного оборудования. Для производства такого типа сварки должны применяться обычные методы подготовки и очистки поверхности. Кроме того, рекомендуется производить сварку с минимум двумя проходами и разнесенными точками начала и окончания шва. Так же возможно применение последующей «легкой» вальцовки для снижения коррозионных проблем. Однако во избежание создания концентраторов напряжения не рекомендуется вальцовка вблизи сварного шва и в непосредственной близости от обратной кромки трубной доски.

Резюме

Надежное соединение Т/ТД с применением герметизирующей сварки может быть получено при условии трудоемкого и достаточно сложного контроля качества сварных соединений. Однако применение сварки с высокой механической прочностью без вальцовки позволяет получить соединение более высокого качества, повышенной механической прочности и снизить трудозатраты на изготовление/ремонт теплообменников в целом.

• Потенциальные проблемы

При использовании сварки с высокой механической прочностью ряд мер поможет избежать появления дефектов:

- использование сварного соединения без канавок в трубной доске. Ни по конструктивным особенностям, ни по техническим требованиям нет необходимости в развальцовке при сварке с высокой механической прочностью. Однако по старинке некоторые инженеры все же используют совместно со сваркой вальцовку. Обязательно использовать сварку с минимум двумя проходами и разнесенными точками начала и окончания шва.
- Даже если вы применяете предварительную вальцовку, не делайте этого в зоне расположения канавок в трубной доске. Используйте специальный инструмент, процедуры и диагностику.
- Удалите всю влагу, смазку и другие загрязнения с поверхности контакта трубки с трубной доской. Это процедура требует очистки поверхности и прогрева для испарения всех остатков загрязнения. Так же поддерживайте температуру свариваемых поверхностей выше точки росы, а лучше выше точки кипения загрязняющих ингредиентов.