

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕМБРАН ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА МАРКИ ПЭНД

Б.И. Мандров, А.С. Влеско, М.Б. Ковалев

В статье рассмотрены вопросы применения полимерных мембран в качестве противофильтрационного экрана. Указан основной тип соединения листов мембраны и применяемые способы сварки. Показана необходимость применения экструзионной сварки для ремонтных и технологических целей. Предложено дополнить применяемые типы сварных соединений стыковыми соединениями на остающейся подкладке.

Ключевые слова: мембрана, полимерные материалы, экструзионная сварка, клин с электрическим нагревом, клин с нагревом горячим воздухом, нахлесточное соединение, стыковое соединение на остающейся подкладке.

В последние годы произошло значительное повышение качества полимерных материалов, расширение номенклатуры и ассортимента листовых полуфабрикатов, а также совершенствование сварочной техники. Это существенно расширило их применение в качестве мембран (противофильтрационных экранов), например, в гидротехнических сооружениях, хранилищах отходов горно-обогатительных комбинатов, полигонах твердых бытовых отходов, а также при футеровке различных объектов из бетона [1–7].

При больших размерах объектов листы между собой соединяют с помощью сварки, при этом длина швов может достигать (500–800) км.

Сварные соединения листов мембраны по типу соединения, прочности и герметичности должны соответствовать требованиям нормативной документации (НД) проекта.

Согласно СН 551-82 и ТТК21852109-001-2014 при сварке мембраны в качестве основного используется нахлесточное сварное соединение. Сварное соединение выполняется двойным швом с каналом для проверки герметичности сжатым воздухом. При этом основные – продольные и поперечные швы мембраны выполняются аппаратами для сварки клином с электрическим нагревом, далее НИК (рисунок 1) или клином нагреваемым воздухом, имеющим температуру до 560 °С и выходящим через отверстия в клине, далее НГК (рисунок 2).

Экструзионная сварка (рисунок 3) широко применяется при футеровке различных объектов из бетона соединение листов мембраны, а также при ремонте поврежденных листов во время монтажа, когда над дефектным местом располагают накладку, привариваемую экструзионной сваркой. Соединение дренажных труб с мембраной также выполняются экструзионной сваркой (рисунок 4).

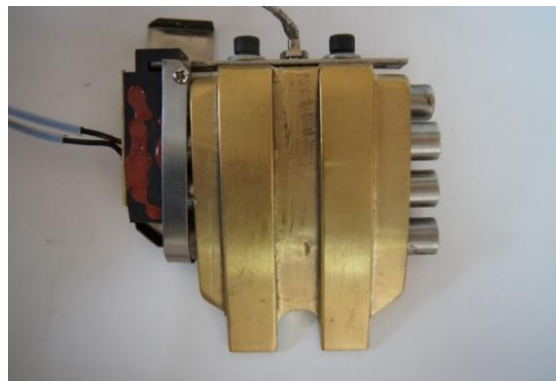


Рисунок 1 – Клин с электрическим нагревом (НИК)



Рисунок 2 – Клин, нагреваемый воздухом (НГК)

В тоже время при монтаже мембран возникает необходимость в дополнительных соединениях (технологические или ремонтные задачи), в частности, в стыковых сварных соединениях. Учитывая толщину листов мембраны и условия выполнения сварочных работ, нами были выбраны стыковые соединения типа СЗ без разделки по ГОСТ 16310-80 (рисунок 5).

Выбор соединений на остающейся подкладке обусловлен необходимостью создания жесткого основания, воспринимающего давление экструдера во время сварки. Кроме того, необходимо было установить влияние подготовки места сварки и величины зазора на механические свойства сварных соединений.



Рисунок 3 – Экструзионная сварка листов мембраны внахлест

Для выявления возможности применения вышеуказанных соединений при монтаже мембран нами были проведены эксперименты по сварке и механическим испытаниям стыковых сварных соединений СЗ. Эксперименты по сварке проводились на листах толщиной 1,9 мм из полиэтилена марки ПЭНД с использованием сварочного экструдера марки FUSION 2.



Рисунок 4 – Контрольное сварное соединение трубы с листом

На первом этапе производилась отработка режима сварки. При этом в экспериментах участвовали два оператора-сварщика, аттестованные в НАКС по экструзионной сварке.

Ниже приведен режим экструзионной сварки: $T_{расплава} = 240\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{воздуха} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varnothing_{прутка} = 4,0\text{ мм}$.

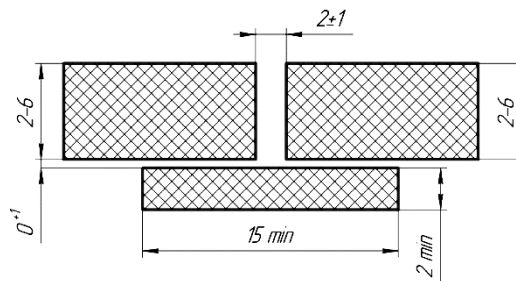


Рисунок 5 – Одностороннее сварное соединение без скоса кромок на остающейся подкладке СЗ по ГОСТ 16310-80

На втором этапе производилась сварка КСС при соблюдении следующих условий: полиэтилен марки ПЭНД; толщина листов 1,9 мм; зазор между листами изменялся от 1,0 до 3,0 мм; ширина подкладки не менее 50,0 мм; толщина подкладки 1,9 мм; зазор между листами и подкладкой – 0,0 мм. Прижатие листов к подкладке осуществлялось на стенде (рисунок 6).

Листы перед сваркой зачищались абразивным полиамидным кругом с зернистостью Р 160 и протирались безворсовой тканью, смоченной в ацетоне. Сваренные образцы показаны на рисунках 7, 8.

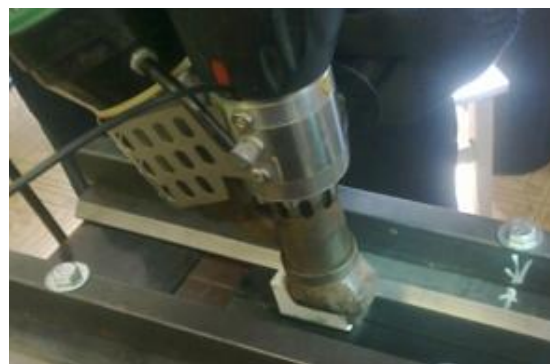


Рисунок 6 – Экструзионная сварка КСС стыковых соединений СЗ

Механические испытания сварных соединений СЗ проводились на испытательной системе «INSTRON» модели 3369. Для проведения испытаний из каждого сварного соединения вырезались пять образцов типа 3 по ГОСТ 11262-80. Испытания проводились на скорости 50 мм/мин с погрешностью $\pm 0,5\text{ мм/мин}$ при температуре $23\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Согласно СН 551-80, соединения мембраны ра-

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕМБРАН ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА МАРКИ ПЭНД

ботоспособны, если прочность шва, сваренного в полевых условиях, не ниже 60 % прочности основного материала. В пояснительных записках проектов на сооружение мембраны может указываться другое процентное соотношение прочности (до 80 %).

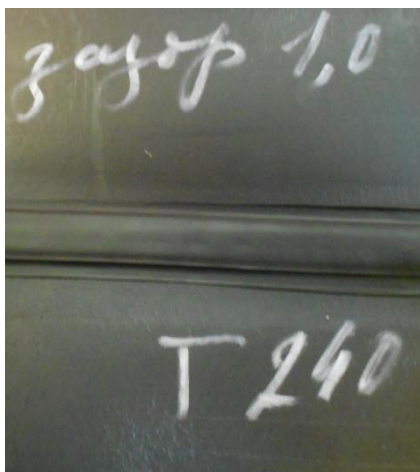


Рисунок 7 – Стыковое сварное соединение С3 толщиной 1,9 мм

Наши эксперименты показали, что сварные швы не имели разрушения при испытании на растяжение (испытания прекращали после относительного удлинения 60 %). По уровню прочности С3 соответствует требованиям НД.



Рисунок 8 – Образец типа 3 из стыкового сварного соединения С3 после механического испытания

Зазор между кромками листов от 1 до 3 мм, используемый в стыках, не оказывает заметного влияния на прочность. Однако, при подготовке стыка из-за низкой точности кромок листов зазор может быть меньше 1,0 мм, что не позволит обеспечить проплавление кромок стыка на всю толщину. В связи с этим, для стыкового соединения С3 – без разделки

кромки целесообразно использовать зазор между кромками листов от 2,0 до 3,0 мм.

Типичная диаграмма растяжения сварного соединения С3 показана на рисунке 9. Значение предела текучести близко к значению этого показателя, указанного в технических условиях ООО «ТЕХПОЛИМЕР» [3].

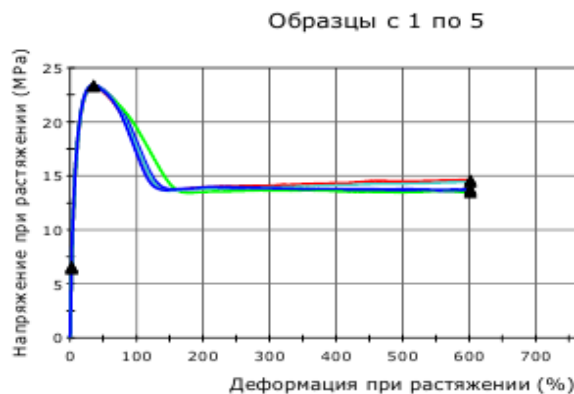


Рисунок 9 – Результаты испытания на растяжение сварных соединений С3 зазор между кромками 1,9 мм

Чтобы определить влияет ли тип сварного соединения на результаты испытания на растяжение на рисунках 10 и 11 соответственно приведены результаты испытания нахлесточных соединений листов мембраны, сваренных клином нагретым газом и экструзионной сваркой. Все результаты получены на образцах типа 3 по ГОСТ 11262-80. Из каждой серии экспериментальных данных отобраны типичные виды диаграмм.

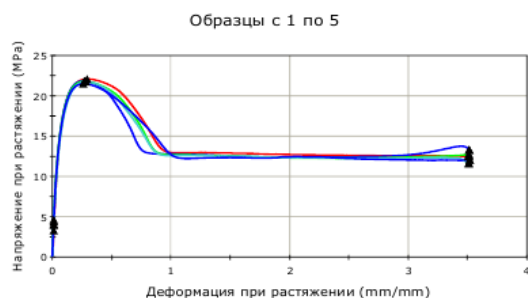


Рисунок 10 – Результаты испытания на растяжение нахлесточных соединений листов мембраны толщиной 1,9 мм, сваренных клином, нагретым газом

Сопоставление кривых диаграмм показывает, что характер кривых и значение величины максимального напряжения при растяжении практически совпадают во всех испытаниях. Это позволяет предположить, что стыковые соединения на остающейся под-

кладке работают на растяжение не хуже нахлесточных соединений. Следует отметить, что упрочнение основного материала при испытаниях на образцах типа 3 не наблюдается из-за особенностей его конструкции.

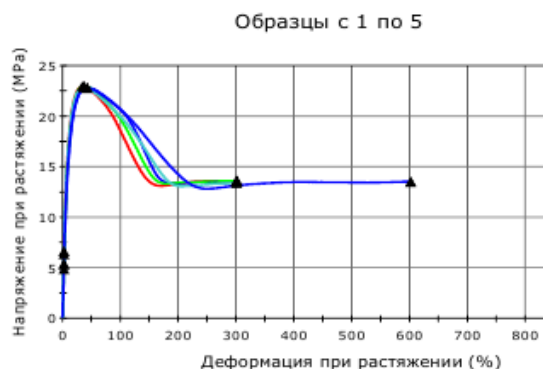


Рисунок 11 – Результаты испытания на растяжение нахлесточных соединений листов мембраны толщиной 1,9 мм, сваренных экструзионной сваркой

После получения результатов экспериментов на образцах толщиной 1,9 мм были сварены образцы типа С12 (рисунки 12–14).

При этом на листе делался разрез, имитирующий порыв листа на монтаже, производилась V – образная подготовка кромок, подкладка вводилась в зазор разреза и закреплялась. Далее производилась сварка стыка и проверка на герметичность электроискровым методом с использованием тестера РРМ Mk.3/PST 100. Отсутствие контрагированного разряда показало, что сварное соединение герметично.

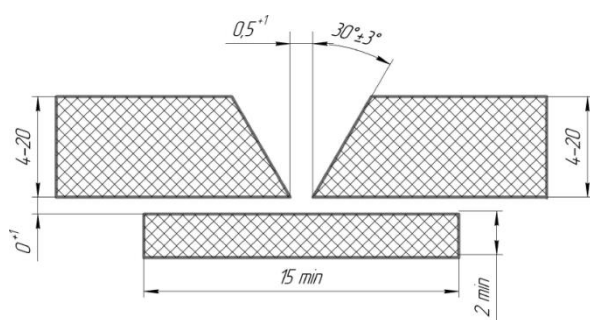


Рисунок 12 – Одностороннее сварное соединение С12 со скосом кромок на остающейся подкладке по ГОСТ 16310-80

Следует отметить, что в последнее время значительно улучшилось оборудование для экструзионной сварки.

Это повышает стабильность качества сварных соединений, в том числе и стыковых. Кроме того, нормативная документация (НД),

регламентирующая экструзионную сварку мембран в значительной мере устарела и не соответствует современному состоянию экструзионной сварки и нуждается в актуализации. Наши эксперименты показали, что при доработке НД в нее для технологических или ремонтных стыков могут быть добавлены стыковые соединения на остающейся подкладке, выполняемые экструзионной сваркой.



Рисунок 13 – Соединение С12 из листа толщиной 4,0 мм, собранное для сварки



Рисунок 14 – Проверка герметичности С12 электроискровым методом

ВЫВОДЫ

1. При монтаже мембран из полимерных материалов широко применяется экструзионная сварка.

2. При экструзионной сварке мембран основным типом является нахлесточное соединение листов.

3. Нормативная документация на сооружение мембран из полимерных материалов не отражает современный уровень сварочного производства.

4. Экспериментально показано, что сты-

ковые сварные соединения на остающейся подкладке обеспечивают уровень механических свойств, требуемый НД.

5. При актуализации НД на сооружение мембран из полимерных материалов, стыковые сварные соединения на остающейся подкладке могут быть включены в качестве дополнительных видов соединения листов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН 551-82 Инструкция по проектированию и строительству противοфилтpационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов.

2. ТТК 21852109-001-2014 Типовая технологическая карта на сварочные работы в полевых условиях при строительстве противοфилтpационных экранов из листов полимерных (геомембран).

3. ТУ 2246-001-56910145-2014 Листы полимерные (геомембрана). Технические условия.

4. Мандров, Б. И. Прочностная оценка качества сварных соединений противοфилтpационных устройств / Б. И. Мандров, А. С. Влеско, Г. В. Матюхин, Е. А. Демин, С. А. Путивский, С. Д. Сухина // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1/1. – С. 191–195.

5. Мандров, Б. И. Сварка и контроль качества соединений противοфилтpационных устройств / Б. И. Мандров, Е. А. Демин, С. Д. Сухина // Ползуновский альманах. – 2011. – № 4. – С. 65–67.

6. Мандров, Б. И. Технологические аспекты обеспечения качества соединений геомембраны из полиэтилена высокой плотности (ПЭНД), выполненных экструзионной сваркой / Б. И. Мандров, С. И. Бакланов, Д. И. Бакланов, А. С. Влеско, С. А. Путивский, С. Д. Сухина // Ползуновский альманах. – 2012. – № 1. – С. 172–174.

7. Мандров, Б. И. Особенности экструзионной сварки противοфилтpационных устройств оболочкового типа / Б. И. Мандров, С. И. Бакланов // Сварка и диагностика. – 2014. – № 3. – С. 47–50.

Авторы статьи **выражают признательность** сварщикам ООО «Геосинтетика» – Лардыгину С.В. и Реушеву А.С. за участие в экспериментах.

Мандров Борис Иванович, к.т.н., доцент кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46. e-mail: polimerbim@mail.ru, тел.: 8-963-523-4930.

Влеско Александр Сергеевич, инженер по сварке ООО «ТЕХПОЛИМЕР» г. Красноярск, e-mail: asv@texpolimer.ru.

Ковалев Максим Борисович, студент АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, e-mail: kovalevmaximka95@mail.ru.