

УДК 621.791.65

Диффузионные процессы при сварке медных выводов электрохимической защиты со стальными трубами

Яруллин Артур Витальевич¹

yarullin.a.v@bk.ru

Фарахутдинов Руслан Альбертович¹

ceoruslanf@gmail.com

Еремеева Дарья Руслановна¹

daria.eremeevaeremeeva@yandex.ru

SPIN-код: 4063-7822

Кузнецов Сергей Владимирович²

sergei25223250301@mail.ru

Курынцев Сергей Вячеславович^{2(*)}

kuryntsev16@mail.ru

SPIN-код: 7946-7212

¹ ООО «Газпром трансгаз Казань», Казань, Республика Татарстан, Россия² КНИТУ – КАИ, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. Приведены результаты металлографических исследований и механических испытаний соединений выводов электрохимической защиты, полученных дуговой штифтовой пайкой и термитной сваркой. Установлено, что способ соединения существенно влияет на диффузионные процессы, при дуговой штифтовой пайке глубина диффузии меди в сталь составляет 20 мкм только на отдельных участках, тогда как при термитной сварке взаимная диффузия меди в сталь и стали в медь составляет 50 мкм. При исследовании соединения, полученного термитной сваркой, с применением электронного микроскопа обнаружены капиллярные включения меди по границам зерен. Рекомендуется провести исследование влияния данных включений на эксплуатационные свойства трубопроводов.

Ключевые слова: электрохимическая защита, сварка, разнородные металлы, микроструктура, химический состав

Введение. Коррозионное разрушение является одной из основных причин разрушения подземных газо- и нефтепроводов [1]. Для борьбы с данным процессом применяется электрохимическая защита (ЭХЗ), которая заключается в подключении к внешнему источнику постоянного электрического тока, посредством присоединения вывода термитной сваркой или дуговой штифтовой пайкой [2]. Очевидно, что термический цикл данных способов приварки существенно отличается, что должно оказывать влияние на диффузионные процессы при взаимодействии разнородных материалов и на механические и эксплуатационные свойства [3].

Методы и материалы; результаты. Для проведения испытаний к сегментам трубы из стали 09Г2С были приварены выводы с применением термитной смеси «МР НГК» и дуговой штифтовой пайкой с применением накопечников «Менделеевец-ЭВП». Из полученных образцов были изготовлены микрошлифы для исследований на оптическом и электронном микроскопах и образцы для проведения механических испытаний на прочность при сдвиге наплавки. Микроструктура сварного соединения образцов, полученных тер-

митной сваркой, имела отчетливую зону термического влияния стали, переходный слой состоял из периодических столбчатых включений стали в меди. У образцов, полученных штифтовой дуговой пайкой, наблюдалась слабовыраженная зона термического влияния с периодическими включениями меди в сталь, отличающимися размером и формой. При исследовании образцов, полученных термитной сваркой были обнаружены капиллярные включения по границам зерен стали. Посредством рентгеноспектрального анализа было выявлено, что исследуемое включение на 99 % состоит из меди. Данное явление носит название эффект Ребиндера [4].

Заключение. Установлено, что термический цикл сварки существенно влияет на диффузионные процессы и механические свойства при приварке выводов ЭХЗ. При использовании термитной сварки медь диффундирует в сталь на глубину около 50 мкм, а при приварке штифтовой дуговой пайкой глубина периодических вклиниваний составляет 20 мкм. Механические испытания на сдвиг показали, что предел прочности выводов, полученных термитной сваркой равен 145 МПа, дуговой штифтовой пайкой 115 МПа.

Список источников

- [1] Прусенко Б.Е. *Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте*. Москва, ООО «Анализ опасностей», 2003, 351 с.
- [2] Курынцев С.В., Яруллин А.В., Фарахутдинов Р.А., Еремеева Д.Р. Исследование влияния способа соединения медных выводов электрохимической защиты со стальным трубопроводом на микроструктуру и диффузионные процессы. *Территория «НЕФТЕГАЗ»*, 2025, № 7–8, с. 50–58.
- [3] Каракич Е.А., Самборук А.Р., Амосов А.П. Механические характеристики медной термитной приварки проводов электрохимической защиты. *Современные материалы, техника и технологии*, 2022, № 5, с. 14–22.
- [4] Ольшанская Т.В. Особенности кристаллизации сварных швов из разнородных материалов при электронно-лучевой сварке на примере высокохромистой стали с бронзой. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета*, 2014, № 3, с. 43–53.