

Портнова София Эдуардовна, студент,
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
Portnova Sofia Eduardovna, student,
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University

**ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ В НИТКУ НА ТРАССЕ
TECHNOLOGY OF FIELD WELDING OF MAIN PIPELINES
INTO A CONTINUOUS STRING ON THE ROUTE**

Аннотация. Рассмотрена технология сварки магистральных трубопроводов в нитку на трассе. Приведены физико-химические основы процесса, преимущества метода и основные способы сварки – ручная дуговая, полуавтоматическая и автоматическая под флюсом. Описана автоматическая сварка кольцевых стыков комплексами типа CRC-Evans для труб диаметром 1220–1420 мм. Выполнено нормирование сварочных работ по ГЭСН и ведомственным нормам с определением затрат труда, производительности и сметной стоимости.

Abstract. The technology of field welding of main pipelines into a continuous string on the route is considered. The physical and chemical fundamentals of the process, the advantages of the method and the main welding techniques – manual arc, semi-automatic and automatic submerged-arc welding – are presented. Automatic welding of girth joints by CRC-Evans type systems for pipes of 1220–1420 mm in diameter is described. Welding operations were rated according to state and departmental norms with determination of labour input, productivity and estimated cost.

Ключевые слова: Сварка в нитку, магистральный трубопровод, сварной стык, автоматическая сварка, комплекс CRC-Evans, нормирование.

Keywords: Continuous welding, main pipeline, welded joint, automatic welding, CRC-Evans system, work rate estimation.

Сварка в нитку на трассе – процесс последовательного соединения труб в непрерывный трубопровод без разрывов шва. Метод широко применяется при строительстве магистральных трубопроводов, где критически важны герметичность и долговечность соединений: в отличие от фланцевых и муфтовых соединений, непрерывный шов исключает слабые точки, равномерно распределяет механические нагрузки и увеличивает срок службы конструкции [1, 3].

Физически процесс представляет собой локальный нагрев кромок до температуры плавления (для стали 1500–1600 °С), формирование сварочной ванны с зоной термического влияния и последующую кристаллизацию металла шва. Определяющую роль играет тепловой режим: при правильном тепловложении в центре шва образуется литая структура, в зоне термического влияния – переходные структуры, а в основном металле сохраняются исходные свойства. Нарушение режима приводит к непроварам, прожогам и трещинам, поэтому режимы сварки строго нормируются [3].

В зависимости от условий работ применяют несколько технологий. Ручная дуговая сварка (РДС, ММА) наиболее универсальна в полевых условиях и используется для труб малого и среднего диаметра; для углеродистых сталей применяют электроды УОНИ 13/55, АНО-21, LB-52U, при этом корневой шов ведут на пониженном токе, а заполняющие и облицовочные слои – с повышением тока на 10–15 % (ток 80–250 А в зависимости от толщины стенки). Полуавтоматическая сварка (MIG/MAG, FCAW) с проволокой Св-08Г2С в среде CO₂



или аргона отличается более высокой производительностью. Автоматическая сварка под флюсом (SAW) применяется на трубопроводах диаметром от 500 мм и обеспечивает высокую скорость при минимальном числе дефектов. Типовые режимы РДС приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы ручной дуговой сварки

Толщина стенки, мм	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Напряжение, В
3–5	2,5–3,0	80–120	22–24
6–10	3,2–4,0	120–180	24–28
10–20	4,0–5,0	180–250	28–32

Технологический процесс включает подготовку кромок (зачистку от загрязнений и окалины, при большой толщине – V- или X-образную разделку) с фиксацией труб центраторами, прихватку короткими швами, послойное наполнение шва (корневой, заполняющие и облицовочный слой) и контроль качества. Контроль выполняется визуально-измерительным методом, радиографией или ультразвуком, а также гидравлическими испытаниями на герметичность под давлением [2, 5].

При строительстве трубопроводов большого диаметра (1220–1420 мм) применяется автоматическая сварка в среде защитных газов комплексами типа CRC-Evans. Корневой шов выполняется с внутренним центратором и внутренней многоголовочной сварочной системой, а заполняющие слои – двумя аппаратами (CCW и CW), стартующими с разных позиций стыка со смещением стартовых точек для каждого слоя, что предотвращает перекрытие начальных и конечных участков. При толщине стенки более 8 мм один заполняющий шов приходится примерно на каждые 3,2 мм стенки; скорость сварки заполняющих слоёв составляет 330–380 мм/мин при скорости подачи проволоки 11–17 м/мин. По сравнению с ручной дуговой сваркой автоматическая обеспечивает лучшие физические свойства соединения и более высокие показатели радиографического контроля [4].

Производительность сварки напрямую определяет сроки строительства. При освобождении внутреннего центратора сразу после сварки корня, времени на перемещение оборудования около 2 минут и использовании двух станций на каждый заполняющий слой и трёх – на облицовочный теоретическая производительность достигает 16–18 стыков в час; реальные значения в трассовых условиях составляют 8–15 стыков в час. Для нормирования сварочных работ использованы ведомственные нормы (ВиКР) и государственные элементные сметные нормы (ГЭСН): определены затраты труда рабочих и машинистов, количество и стоимость материалов на один стык, а также рассчитаны транспортная схема строительства и число комплексных трубопроводостроительных потоков. Основные показатели нормирования и сметной стоимости приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели нормирования и стоимости сварочных работ

Показатель	Значение
Затраты труда рабочих-строителей на 1 стык, чел.-ч	8,43
Затраты труда машинистов на 1 стык, чел.-ч	5,52
Норма выработки на звено ОР в смену, стык	18,98
Реальная производительность, стыков/ч	8–15
Сметная стоимость сварки (ГЭСН 25-02-163-10), руб./км	1 970 238,56

Таким образом, рассмотрены сущность и физико-химические основы сварки трубопроводов в нитку, систематизированы основные способы сварки и подробно описана



автоматическая сварка комплексами CRC-Evans для труб диаметром 1220–1420 мм. Выполненное нормирование по ГЭСН и ВиКР позволило определить затраты труда, производительность и сметную стоимость сварочных работ, которая для рассмотренной расценки составила около 1,97 млн руб. на 1 км трубопровода. Полученные результаты могут использоваться при планировании и калькуляции сварочно-монтажных работ на магистральных трубопроводах большого диаметра.

Список литературы:

1. ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы и параметры: дата введения 1981-07-01.
2. ГОСТ Р 55142-2012. Сварка трубопроводов. Общие технические требования: дата введения 2012-11-22.
3. Мустафин Ф. М. Сварка трубопроводов / Ф. М. Мустафин, Н. Г. Блехерова, О. П. Квятковский [и др.]. – Москва: Недра, 2002. – 343 с.
4. Токмашова И. А. Технология сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов / И. А. Токмашова, В. А. Смахтин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – № 1. – С. 464–465.
5. Филяков А. Е. Пути решения проблем оперативного прогнозирования качества сварных соединений магистральных трубопроводов / А. Е. Филяков, М. А. Шолохов // Вестник Донского государственного технического университета. – 2020. – № 1. – С. 42–50.
6. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП III-42-80*. – Москва: Минстрой России, 2014.
7. ГЭСН 81-02-25-2020. Государственные элементные сметные нормы. Сборник 25. Магистральные и промысловые трубопроводы. – Москва, 2020.

