

УДК 621.791

DOI: 10.30987/article\_5d10851f7fa876.86658404

А.И. Комаров, А.В. Вдовин, А.Л. Забелин, А.А. Терещенко

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРУБ С АРМАТУРОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ДУГОЙ ВОЛЬФРАМОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ В СРЕДЕ АРГОНА

Рассмотрены вопросы выбора рациональной конструкции сварного соединения и технология автоматической сварки неплавящимся вольфрамовым электродом импульсной дугой в среде аргона с подачей присадочной проволоки и без нее для по-

вышения качества сварных соединений трубопроводов гидроразводки строительной техники.

**Ключевые слова:** технология сварки труб, импульсная дуга, вольфрамовый электрод, арматура, гидроразводка.

A.I. Komarov, A.V. Vdovin, A.L. Zabelin, A.A. Tereshchenko

## DEVELOPMENT OF PIPE WELDING TECHNOLOGY WITH PULSE ARC FITTINGS BY TUNGSTEN ELECTRODE IN ARGON ENVIRONMENT

The matters of a welded joint efficient structure choice and a technology of automatic welding by a non-consumable tungsten electrode with pulse arc in argon environment with filler wire feeding and without it to increase quality of the welded joints in hydraulic exploration pipe lines of structural engineering are considered.

It is defined that a technological process of welding with flanged pipe feeding ensures quality stability in welded joints, but a welding process with two-sided grooving ensuring root joint quality and, accordingly, the whole welded joint is more preferable while using one-sided grooving separate cases of incomplete

root penetration, an electrode fault to a side vertical surface of grooving in the course of welding are possible and a more labor-intensive operation of setting a welding torch along a joint axis is also possible.

On the basis of the investigation results there were developed welding modes of hydraulic exploration elements of an excavator, pre-production models of pipes with fittings were welded. The welded pre-production models were delivered to the plant for an industrial testing fulfillment.

**Key words:** pipe welding technology, pulse arc, tungsten electrode, fittings, hydraulic exploration.

Постоянное увеличение интенсивности эксплуатации строительной техники требует от заводов-изготовителей повышения качества ее деталей и узлов. Одним из важных узлов строительной техники является гидроразводка экскаваторов, протяженность труб различного сечения на одном экскаваторе составляет около 77 м. Выход из строя в процессе эксплуатации одного или нескольких участков гидроразводки может надолго вывести из строя работающий экскаватор, поэтому повышение качества сварных соединений, таких как труба с трубой, труба с фланцем, труба с ниппелем, является актуальной проблемой строительной техники.

В настоящее время указанные сварные соединения выполняются с применением механизированной сварки в  $CO_2$  проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, что не всегда обеспечивает 100%-е качество сварных соединений [1; 2].

Перспективным с точки зрения повышения качества сварных соединений является метод автоматической сварки неплавящимся вольфрамовым электродом импульсной дугой в среде аргона с подачей присадочной проволоки и без нее, в зависимости от толщины стенки свариваемых деталей [3; 4].

К качеству сварных соединений гидроразводки экскаваторов предъявляют повышенные требования: отсутствие окислов и шлаков по внутренней и наружной поверхностям соединений, а в металле швов - пор, трещин и шлаковых включений, равномерное проплавление по всему периметру с утяжкой 0,3 мм и усилением швов не более 0...3 мм.

Качество сварных швов также зависит от точности сборки свариваемых стыков труб. Зазор в стыке должен быть не более 0,5 мм, а превышение кромок - не более 0,3...0,4 мм.

В случае применения механизированной сварки в  $CO_2$  во внутренней полости труб на поверхности корня шва образуются участки со шлаковыми и окисными включениями.

При автоматической сварке в среде аргона эти дефекты могут быть исключены благодаря дополнительному поддуву аргона во внутреннюю полость трубопроводов. Оптимальный расход газа составляет 1...2 л/мин.

Разработка технологического процесса автоматической сварки в аргоне труб с арматурой (фланцы, ниппели и др.) гидроразводки экскаватора осуществлялась по двум основным направлениям [5; 6]:

- автоматическая сварка неплавящимся электродом в среде аргона поворотных стыков труб с арматурой;

- автоматическая сварка неплавящимся электродом в среде аргона неповоротных стыков труб с арматурой.

Применение первого варианта наиболее целесообразно для сварки труб с арматурой, имеющих небольшую протяженность (до 400 мм) и незначительный изгиб в нескольких плоскостях.

Трубы, имеющие значительный изгиб в пространстве и большую протяженность (до 2000 мм), целесообразно сваривать в неповоротном положении.

Сварка поворотных стыков проводилась на установке АГСВ-4АР (рис. 1), предназначенной для автоматической сварки неплавящимся электродом в аргоне сталей и сплавов непрерывной и импульсной дугой.

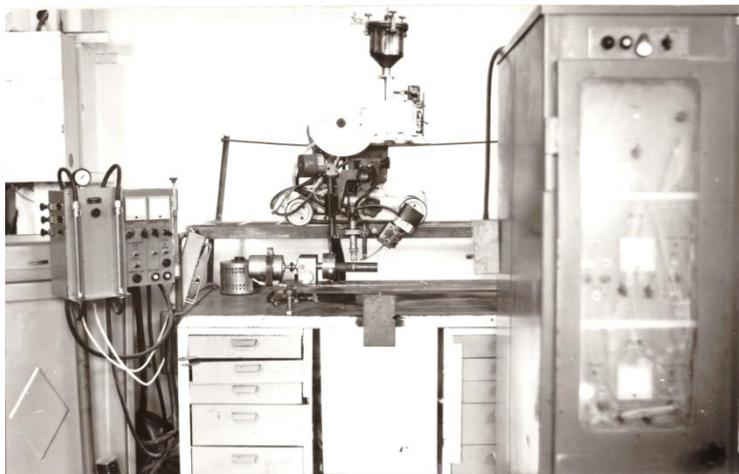


Рис. 1. Установка для сварки поворотных стыков трубопроводов

Основные технические данные установки АГСВ-4АР:

Напряжение питающей сети, В	220
Максимальный сварочный ток, А	315
Используемые источники питания сварочной дуги:	
постоянного тока	ВСВУ-315
переменного тока	ИСВУ-315
Род сварочного тока	Постоянный, постоянный импульсный и переменный
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1...5
Диаметр присадочной проволоки, мм	0,8...2
Скорость подачи присадочной проволоки, м/ч	5...35
Регулирование скорости присадочной проволоки	Плавное
Установочные перемещения горелки, мм:	
по оси стыка	± 50
по вертикали к стыку	± 50

Габаритные размеры, мм:	
головки сварочной	310x360x675
пульта управления	240x100x360
шкафа с электроаппаратурой	1075x500x1900
Масса установки, кг	675

Сварка неповоротных стыков проводилась на установке УСТ-14 (рис. 2), предназначенной для автоматической

сварки неплавящимся электродом в аргоне сталей и сплавов непрерывной и импульсной дугой.

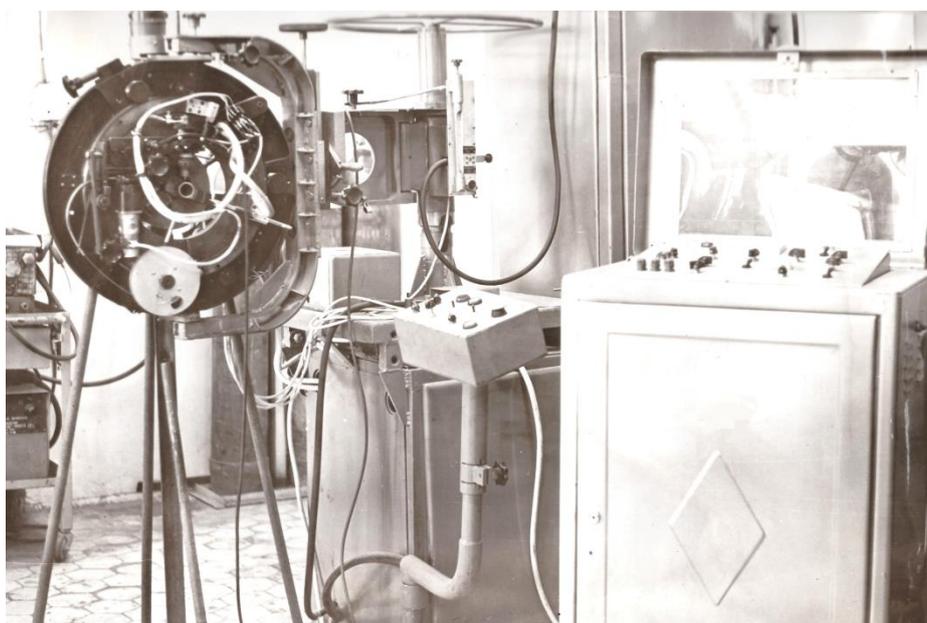


Рис. 2. Установка для сварки неповоротных стыков трубопроводов

#### Основные технические данные установки УСТ-14:

Диаметр свариваемых труб, мм	10...220
Сварочный ток, А	40...350
Диаметр вольфрамового электрода, мм	2...4
Скорость сварки, м/ч	4...25
Скорость подачи присадочной проволоки, м/ч	5...35
Диаметр присадочной проволоки, мм	1,0...1,6
Величина вертикального перемещения планшайбы, мм	250±2
Подача сварочного тока, питания электродвигателя подачи присадочной проволоки	Коллекторная
Род сварочного тока	Постоянный, постоянный импульсный, переменный
Используемые источники питания сварочной дуги:	
постоянного тока	ВСВУ-315
переменного тока	ИСВУ-315
Питание цепи управления, В	220
Габаритные размеры установки, мм:	
длина	2850
ширина	2652
высота	2830
Масса установки (без источника питания), кг	790

Разработка технологии автоматической сварки в контролируемой среде деталей гидроразводки экскаватора выполнялась на образцах, состоящих из трубы диаметром 38 мм (толщина стенки трубы – 4 мм) и фланца, а также трубы диаметром 10 мм (толщина стенки трубы – 2 мм) и ниппеля. Применялись неплавящиеся электроды диаметром 3...4 мм из вольфра-

ма по ВТУ ВЛ-24-5-62, в качестве присадочного материала применялась сварочная проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 диаметром 1,2 мм. Материал труб – сталь 20, материал фланца и ниппеля – сталь 35.

Подготовка кромок деталей под сварку для выполнения опытных работ представлена на рис. 3.

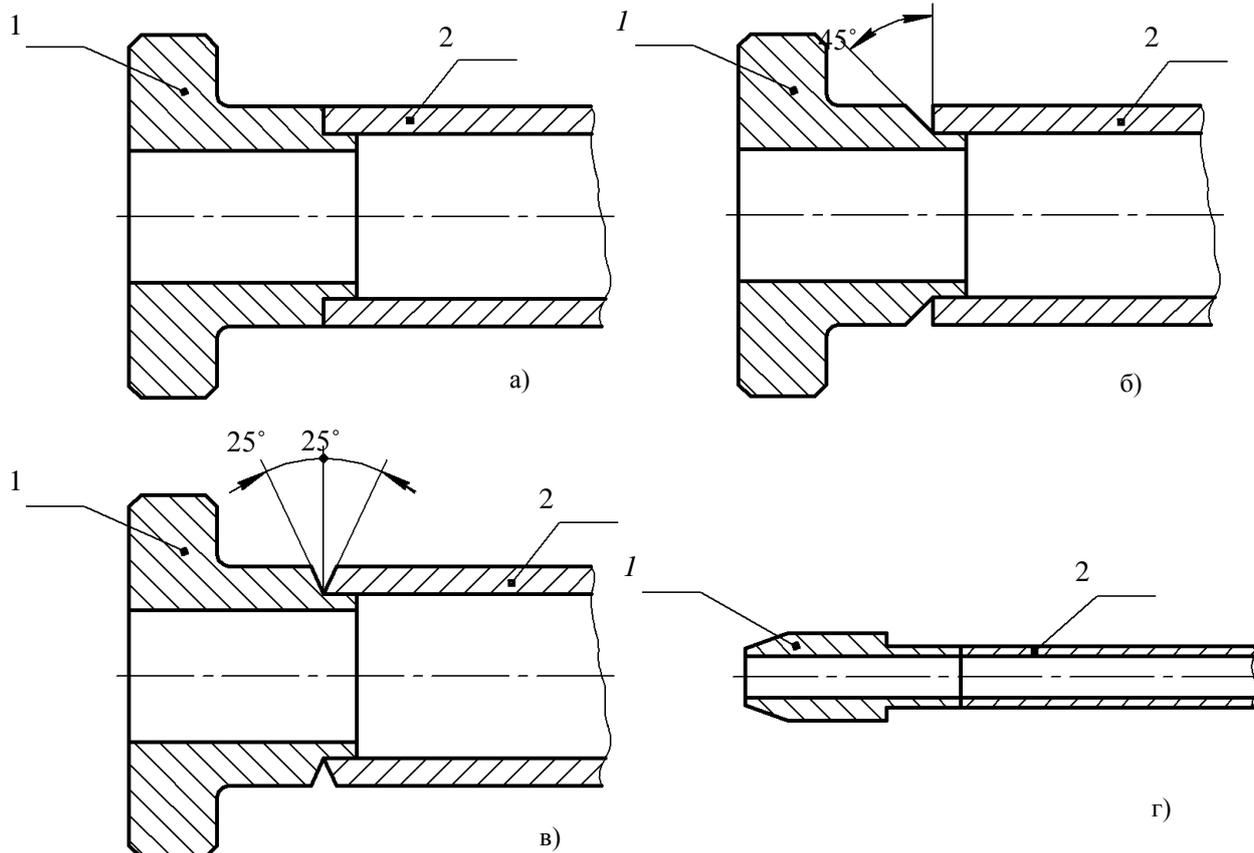


Рис. 3. Подготовка кромок разделки под сварку: 1 – фланец (в случае «г»- ниппель); 2 – труба

Перспективным с точки зрения получения качественного сварного соединения является процесс сварки с присадочной проволокой с предварительной разделкой кромок свариваемых деталей (рис. 3б,в). Разделка кромок может быть односторонней (б) и двухсторонней (в). Оптимальный угол разделки кромок – 45...50°.

Сварка трубы с фланцем осуществляется за 2-3 прохода (шва). Требуемое качество первого шва (корневого провара) обеспечивается при сварке без присадочной проволоки, а последующих швов – при ее применении. Сварка выполнялась как непрерывной, так и импульсной дугой. Базовый режим сварки представлен в табл. 1.

Установлено, что технологический процесс сварки с присадкой трубы с фланцем обеспечивает стабильное качество сварных соединений, однако более предпочтителен процесс сварки с двухсторонней разделкой кромок, обеспечивающий качество корневого шва и, соответственно, всего сварного соединения, в то время как при использовании односторонней разделки кромок возможны отдельные случаи неполного проплавления корневой части шва, замыкание электрода на боковую вертикальную поверхность разделки в процессе сварки, а также более трудоемкая операция настройки сварочной горелки по оси стыка.

Разработка технологии сварки трубы 10x2 мм с ниппелем (рис. 3г) осуществлялась с использованием центризатора, позволяющего совмещать и фиксировать свариваемые кромки деталей. Сварка выполня-

лась импульсной дугой без разделки стыкуемых кромок. Базовый режим сварки трубы 10x2мм с ниппелем приведен в табл. 2.

Таблица 1

Базовый режим сварки

Режим сварки		Ток сварки, А										Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
		Номер сектора программы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Непрерывная дуга	1 шов	100	98	98	95	95	95	87	85	85	85	–	7...8
	2, 3 швы	110	110	105	105	100	100	100	98	95	95	20...40	7...8
Импульсная дуга	1 шов	150	150	150	150	150	140	140	135	135	130	–	7...8
	2, 3 швы	170	170	170	170	170	160	160	150	150	150	20...40	7...8

Примечание. Положение тумблеров на пульте источника питания дуги при импульсном процессе сварки:

Фронт нарастания импульса.....	0,04
Дежурный ток.....	5
Нарастание тока.....	12
Импульс.....	0,26
Пауза.....	0,24
Заварка кратера.....	9
Время отключения источника.....	4

Таблица 2

Базовый режим сварки трубы 10x2 мм с ниппелем

Режим сварки	Ток сварки, А										Скорость сварки, м/ч
	Номер сектора программы										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Импульсная дуга без присадочной проволоки	115	110	100	100	98	98	98	90	90	85	5...6

Примечание. Положение тумблеров на пульте источника питания дуги при импульсном процессе сварки:

Фронт нарастания импульса.....	0,04
Дежурный ток.....	4
Нарастание тока.....	9
Импульс.....	0,16
Пауза.....	0,24
Заварка кратера.....	4,5
Время отключения источника.....	1,0

Шов получается плотным, с усилением в корне шва не более 0,3 мм и утяжкой на поверхности шва не более 0,2 мм. Если утяжка на поверхности больше указанной величины, то на том же режиме сварки выполняют второй проход (метод автопрессовки), при этом уменьшают величину импульса до 0,12. Возможно также выполнение второго прохода с подачей приса-

дочной проволоки. Таким образом, на основании результатов проведенных исследований были разработаны режимы сварки элементов гидроразводки экскаватора, сварены опытные образцы труб с арматурой. Сваренные образцы переданы заводу для проведения промышленных испытаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышов, Г.Г. Технология электрической сварки плавлением / Г.Г. Чернышов. - М.: Академия, 2006. - 443 с.
  2. Сварка в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1978. - Т.1. - 504 с.
  3. Белинский, С.М. Оборудование для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов / С.М. Белинский, Б.А. Коганский, Б.Я. Темкин. - Л.: Энергия, 1975. - 101 с.
  4. Смирнов, В.В. Оборудование для дуговой сварки / В.В. Смирнов. - Л.: Энергоиздат, 1986. - 656 с.
  5. Рабинович, И.Я. Оборудование для дуговой электрической сварки / И.Я. Рабинович. - М.: Машгиз, 1985. - 380 с.
  6. Бродский, А.Я. Дуговая электросварка в инертной среде / А.Я. Бродский. - М.: Машгиз, 1950. - 246 с.
1. Chernyshov, G.G. *Technology of Electric Fusion Welding* / G.G. Chernyshov. - M.: Academy, 2006. - pp. 443.
  2. *Welding in Mechanical Engineering*. - M.: Mechanical Engineering, 1978. - Vol. - pp. 504.
  3. Belinsky, S.M. *Equipment for Welding with Non-Consumable Electrode in Inert Gas Environment* / S.M. Belinsky, B.A. Kogansky, B.Ya. Tyomkin. - L.: Energy, 1975. - pp. 101.
  4. Smirnov, V.V. *Equipment for Arc Welding* / V.V. Smirnov. - L.: Energoizdat, 1986 - pp. 656.
  5. Rabinovich, I.Ya. *Equipment for Arc Electric Welding* / I.Ya. Rabinovich. - M.: Machgiz, 1985. - pp. 380.
  6. Brodsky, A.Ya. *Arc Electric Welding in Inert Environment* / A.Ya. Brodsky. - M.: Machgiz, 1950. - pp. 246.

*Статья поступила в редакцию 18.04.19*

*Рецензент: д.т.н., профессор Дальневосточного  
федерального университета*

*Матохин Г.В.*

*Статья принята к публикации 27. 05. 19.*

## Сведения об авторах:

**Комаров Александр Иванович**, к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: [bstu.alexandr@mail.ru](mailto:bstu.alexandr@mail.ru).

**Вдовин Александр Викторович**, к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: [vdovin.alexander.v@yandex.ru](mailto:vdovin.alexander.v@yandex.ru).

**Komarov Alexander Ivanovich**, Can. Sc. Tech., Assistant Prof of the Dep. "Mechanical Engineering and Materials Science", Bryansk State Technical University, e-mail: [bstu.alexandr@mail.ru](mailto:bstu.alexandr@mail.ru).

**Vdovin Alexander Victorovich**, Can. Sc. Tech., Assistant Prof of the Dep. "Mechanical Engineering and Materials Science", Bryansk State Technical University, e-mail: [vdovin.alexander.v@yandex.ru](mailto:vdovin.alexander.v@yandex.ru).

**Забелин Алексей Леонидович**, к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: [swordfish\\_74@mail.ru](mailto:swordfish_74@mail.ru).

**Терещенко Александр Александрович**, ст. преподаватель кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: [kinrol@bk.ru](mailto:kinrol@bk.ru).

**Zabelin Alexey Leonidovich**, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Mechanical Engineering and Materials Science", Bryansk State Technical University, e-mail: [swordfish\\_74@mail.ru](mailto:swordfish_74@mail.ru).

**Tereshchenko Alexander Alexandrovich**, Senior-lecturer of the Dep. "Mechanical Engineering and Materials Science", Bryansk State Technical University, e-mail: [kinrol@bk.ru](mailto:kinrol@bk.ru).