

УДК 621.791.927

Формирование корневого слоя шва на подкладной ленте при сварке под флюсом

Н.В. Коберник, Г.Г. Чернышов, А.А. Линник, П.П. Гвоздев

Опробован вариант одно- и двухдуговой сварки под флюсом на стеклотканевой ленте ЛМС. Исследования проводили при сварке пластин из низкоуглеродной стали размером 250×170×12 мм. Опробованная схема сварки показала возможность применения стеклотканевых лент марки ЛМС при одно- и двухдуговой сварке под флюсом. Ленты обеспечивают удержание сварочной ванны и стабильное формирование обратной стороны шва.

Ключевые слова: сварка под флюсом, корневой шов, стеклотканевая лента ЛМС.

Forming a root seam on the tape when welding under flux

N.V. Kobernik, G.G. Chernyshov, A.A. Linnik, P.P. Gvozdev

The version of one and double arc welding under flux on a fiberglass tape LMS has been tested. The investigation was carried out at welding of plates of low-carbon steel of 250×170×12 mm. The tested scheme of welding has shown an opportunity to apply a fiberglass tape LMS at one and double arc welding under flux. Tapes ensure the retention of the weld pool and the stable formation of the weld reverse side.

Keywords: welding under flux, the root seam, fiberglass tape LMS.

Сварка под флюсом — высокопроизводительный процесс, обеспечивающий соединение деталей с широким диапазоном толщин. Однако этот способ имеет существенные ограничения, так как в основном соединения сваривают в нижнем положении и при многопроходной сварке выполнить корневой шов сложно. Несмотря на это, сварка под флюсом нашла применение при выполнении кольцевых стыков трубопроводов.

Согласно НТД [1–3] при строительстве магистральных трубопроводов этим способом выполняют поворотные стыковые соединения труб диаметром 325...1220 мм и толщиной стенки 6...32 мм. При этом, в зависимости от толщины стенки, выполняют швы, как с разделкой, так и без разделки кромок. Кроме того, при соединении трубопроводов диаметром более 325 мм применяют односторонние швы, а при соединении трубопроводов диаметром более 720 мм также возможно применение двухсторонней сварки.



КОБЕРНИК
Николай Владимирович
кандидат технических наук, доцент



ЧЕРНЫШОВ
Георгий Георгиевич
доктор технических наук, профессор



ЛИННИК
Антон Александрович
студент



ГВОЗДЕВ
Петр Павлович
студент кафедры «Технологии сварки и диагностики» (МГТУ им. Баумана)
e-mail: koberniknv@yandex.ru

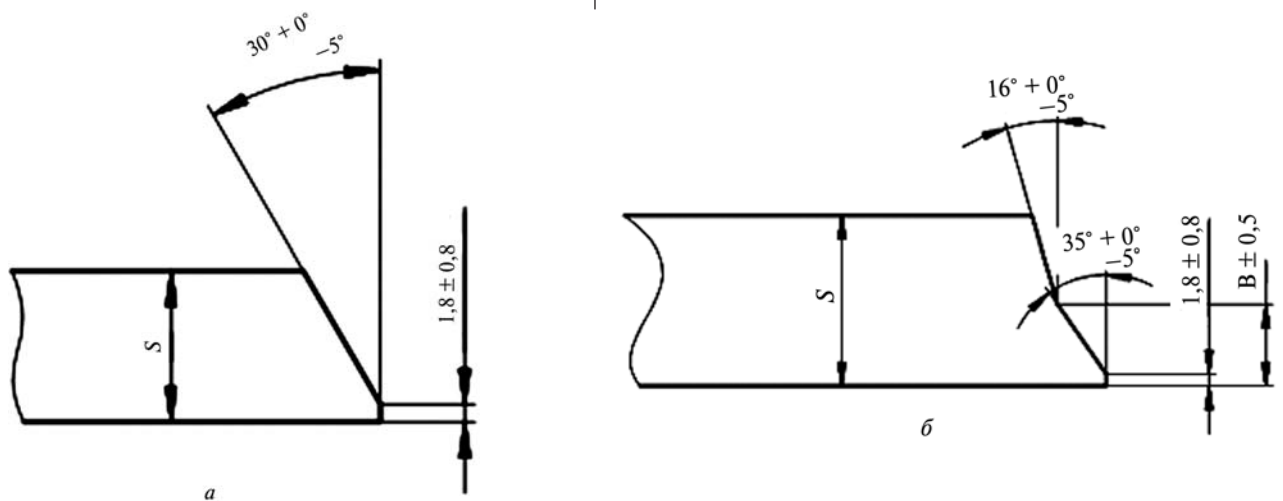


Рис. 1. Форма и размеры V-образной разделки торцов труб:

a — разделка кромок труб с толщиной стенки $S \leq 15$ мм; *б* — разделка кромок труб с толщиной стенки $S \leq 15$ мм ($B = 9$ при $15 < S \leq 19$ мм; $B = 10$ при $19 < S \leq 21,5$ мм; $B = 12$ при $21,5 < S \leq 32$ мм)

Более технологичным и универсальным является выполнение односторонней сварки с V-образной разделкой кромок (рис. 1), так как при этом не нужен доступ с обратной стороны шва. Однако, при выполнении односторонней сварки возникает ряд проблем, связанных с формированием обратного валика, которые зависят от многих факторов [4].

Согласно НТД шва, при односторонней сварке под флюсом корневого слоя выполняется следующими способами [1, 2]:

- ручной дуговой сваркой электродами с покрытием основного вида;
- механизированной сваркой проволокой сплошного сечения методом STT;
- ручной дуговой сваркой электродами с покрытием целлюлозного вида.

Кроме того, для предотвращения прожогов и улучшения отделимости шлаковой корки с первого автоматного слоя после окончания сварки корневого слоя выполняют первый заполняющий слой механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой или ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. С этой же целью допускается подварка всего периметра корня шва изнутри трубы электродами с основным видом покрытия [1].

Выполнения корневого слоя шва и первого заполняющего слоя ручными или механизированными способами сварки ограничивает рост

производительности сварки всего соединения, а качество соединения зависит от субъективных факторов.

Известны технологии согласно которым корневого слоя шва выполняется автоматической сваркой под флюсом с формированием обратной стороны шва за счет использования различного рода подкладных устройств, однако не все подкладные устройства гарантируют получение стабильных размеров обратного валика. В работе [4] предложено при автоматической сварке под флюсом в качестве подкладного устройства использовать многослойные стеклянные ленты марки ЛМС (ленты ЛМС), обеспечивающие стабильные размеры обратной стороны шва.

Данная работа посвящена изучению возможности формирования корневого слоя шва с применением ленты ЛМС в условиях автоматической одно- и двухдуговой сварки под флюсом.

Методика проведения исследований

Возможность формирования корневого слоя шва на ленте ЛМС исследовали при автоматической одно- и двухдуговой сварке под флюсом пластин толщиной 10 мм с V-образной разделкой кромок. Угол разделки кромок был выбран $35^\circ_{-5^\circ}$, а притупление кромок $(1,8 \pm 0,8)$ мм, что имитировало разделку кромок в зоне формирования корневого слоя для толщин свыше 15 мм

(см. рис. 1, б). Стыки собирали без зазора двумя прихватками. На обратную сторону стыка закрепляли ленту ЛМС, изготовленную по ТУ 6-48-00204961-12—90 [5]. После чего выполняли сварной шов автоматической одно- и двухдуговой сваркой под флюсом. Анализ качества полученных соединений проводили по макроструктуре сварного шва.

Род тока и полярность оказывает существенное влияние на формирование сварного шва, поэтому при выборе режима сварки руководствовались данными, приведенными в работе [6]. Для обеспечения проплавления притупления кромок без прожога сварку выполняли на следующих режимах: постоянный ток прямая полярность или переменный ток со значением баланса 25%, сила тока 500 А, напряжение на дуге 29 В, скорость сварки 29 м/ч. Величина баланса при переменном токе определяется как доля положительного полупериода по отношению к длительности всего периода изменения тока. Ожидаемое проплавление при таких режимах составляет 2,5 и 3,1 мм соответственно [6].

Сварку проводили на выбранных режимах при падающей вольт-амперной характеристике с регистрацией сварочного тока, напряжения на дуге и скорости подачи проволоки. При этом использовали низкоуглеродистую проволоку (0,05—0,15% С, 0,8—1,25% Mn, 0,1—0,35% Si) диаметром 4 мм и флюс марки 761.

При двухдуговой сварке под флюсом формирование сварного шва имеет свои особенности. Двухдуговая сварка обычно обеспечивает лучшее проплавление по сравнению с однодуговой [7, 8]. Однако в работе [9] показано, что применение второй дуги, горящей в одну ванну с первой, может не оказать существенного влияния на общую глубину проплавления. Это связано с тем, что формирование сварного шва зависит от дополнительных параметров режима (угол наклона первой и второй дуги, расстояние между дугами, применение постоянного или переменного тока и др.). Поэтому для определения параметров режима, пригодных для сварки корневого шва, авторами были проведены предварительные эксперименты по наплавке валиков на составной образец двухдуговой сваркой под флюсом. Составной образец

представлял собой две пластины 250×170×12 мм из стали Ст. 3, которые собирали встык с помощью прихваток. На один образец при различном балансе наплавляли несколько валиков поперек стыка пластин. Перед наплавкой каждого последующего валика для соблюдения постоянства условий эксперимента проводили контроль температуры образца. На каждом режиме выполняли наплавку трех валиков, затем составной образец разрушали вдоль линии стыка двух пластин для проведения измерений геометрических размеров проплавления и наплавленного валика.

После анализа полученных данных выполняли двухдуговую сварку в V-образную разделку на выбранных режимах. Сборку стыка проводили аналогично сборке стыка при однодуговой сварке.

Режимы, опробованные в данной работе, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Опробованные режимы сварки под флюсом в V-образную разделку

Режим	Количество дуг	Род тока и полярность*	Зазор, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч
1	Однодуговая	DC-	0	500	29	30
2		DC-		500		
3		DC+		500		
4		DC+	1,5	500		26
5		DC+	0	550		
6		DC+		550		
7		DC-		550		
8	Двухдуговая	DC+	0	550	29	26
	AC	550				

*DC— — постоянный ток прямая полярность; DC+ — постоянный ток обратная полярность; AC — переменный ток.

Результаты проведенных исследований

Однодуговая сварка под флюсом. На рисунке 2, а и б приведены макроструктуры выполненных швов. Видно, что при использовании выбранных режимов не достигается пол-

ного проплавления притупления разделки, даже при уменьшении скорости сварки до 26 м/ч. Кроме того, наблюдается неравномерное проплавление кромок и возможно несплавление с кромкой (см. рис. 2, б). Согласно работе [6] увеличить проплавления возможно сменой прямой полярности на обратную без изменения параметров режима, при этом ожидаемая глубина проплавления составляет 4,2 мм. Смена полярности не привела к ожидаемому проплавлению притупления разделки, но наблюдалось равномерное проплавление разделки кромок (рис. 1, в). Кроме того, следует отметить изменение формы проплава, уменьшение площади наплавленного металла, а также уменьшение доли участка присадочного материала (табл. 2). Анализ полученных результатов показывает, что наличие V-образной разделки существенно изменяет условия формирования шва, по сравнению с наплавкой. По-видимому, это связано с неустойчивостью дугового разряда, вызванной смещением дуги на одну из кромок. Эти выводы подтверждает анализ осциллограмм сварочного тока и напряжения на дуге. Колебания параметров режима составили 14...15% на обратной полярности и 23...25% на прямой полярности. Для устранения такого явления необходимо уменьшить длину дуги и сконцентрировать дуговой разряд на притуплении, что может быть достигнуто увеличением сварочного тока или уменьшением напряжения дуги. Кроме того, обеспечить полное проплавление можно за счет увеличения зазора при сборке.

Таблица 2

Геометрические параметры сварных швов

Режим (согласно табл. 1)	Площадь проплавления, мм ²	Площадь наплавленного металла, мм ²	Доля участия присадочного материала, %	Выпуклость обратного валика, мм	Ширина обратного валика, мм
1	27,7	42,2	60,4	—	—
2	22,6	56,9	71,6	—	—
3	45,3	32,7	41,9	—	—
4	53,0	35,6	40,2	0,6	12,7
5	69,5	33,2	32,3	0,7	13,3
6	50,0	38,0	43,2	2,0	13,0
8	128,3	70,2	35,4	0,9	5,6

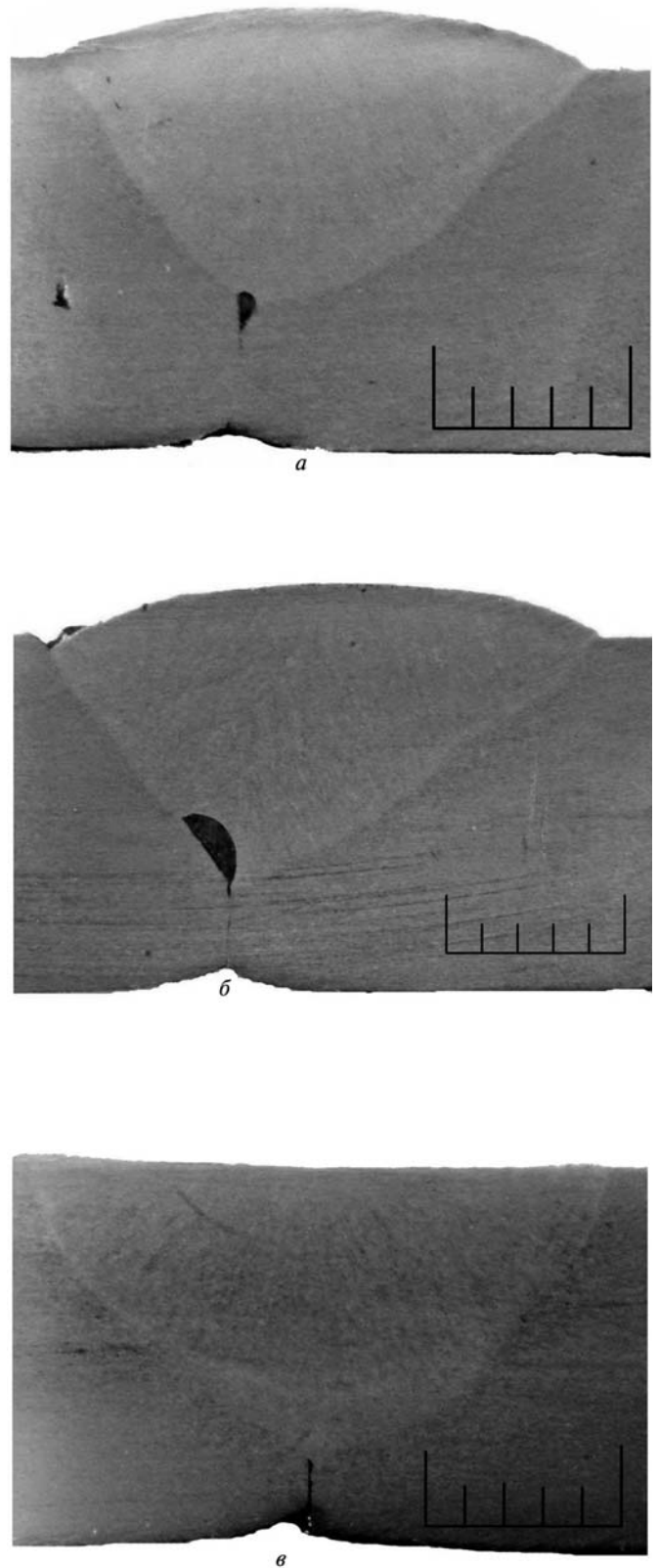


Рис. 2. Макроструктура швов, полученных на режимах 1 (а), 2 (б) и 3 (в); обозначение режимов соответствует табл. 1

Проведенные дополнительные эксперименты показали, что увеличение сварочного тока на 50 А и уменьшение напряжения на дуге на 5 В на обратной полярности приводит, в данном случае, к полному проплавлению притупления разделки. Однако на прямой полярности изменение режимов в указанном диапазоне не обеспечило требуемого проплавления.

Макроструктура швов, полученных на режимах 5 и 6 соответственно (см. табл. 1), показана на рис. 3. Видно, что лента ЛМС обеспечивает удержание и равномерное формирование корневого слоя шва, однако при использовании режима 5 наблюдается дефект типа мениск. Увеличение зазора также обеспечивает необходимую глубину проплавления, однако при этом не формируется выпуклость обратной стороны шва, что, по-видимому, связано с расходом наплавленного металла на заполнение зазора при данных параметрах режима (см. табл. 2).

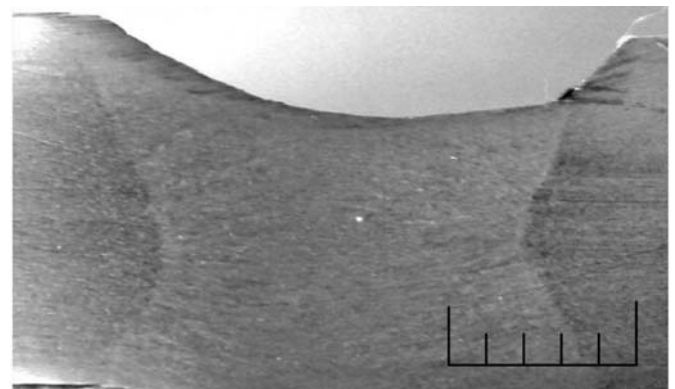
Таким образом, показано, что применение лент ЛМС позволяет сформировать корневой слой шва при одnodуговой автоматической сварке под флюсом стыкового соединения с V-образной разделкой кромок и притуплением ($1,8 \pm 0,8$) мм.

Двухдуговая сварка под флюсом. Предварительные эксперименты для оценки влияния выбранных параметров режима на глубину проплавления при двухдуговой сварке под флюсом выполняли при наплавке валиков на составной образец. Валики наплавляли на следующих режимах: первая дуга — постоянный ток 550 А, обратная полярность, напряжение на дуге 29 В; вторая дуга — переменный ток с различным балансом (25%, 75%) и значением 400, 550, 600 А, напряжение на дуге 29 В; наклон первого электрода — 90° ; наклон второго электрода — 65° (углом вперед). Расстояние между электродами 27 мм.

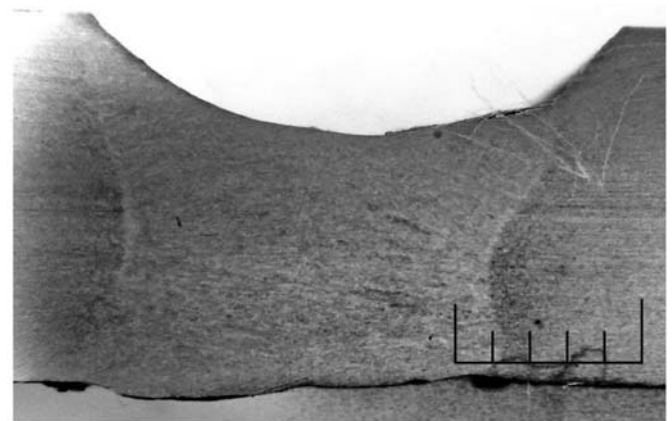
Полученные результаты показали, что применение второй дуги в опробованном варианте не оказывает существенного влияния на глубину проплавления (рис. 4). Это объясняется увеличением жидкой прослойки под дугами. При наклоне второй дуги углом вперед жидкий металл ванны перемещается к основной дуге, что приводит к увеличению жидкой прослойки под



a



б



б

Рис. 3. Макрошлифы швов:
a — режим 5; б — режим 6;
в — режим 4

дугами и в конечном итоге препятствует увеличению глубины проплавления. Причем, чем больше величина тока на второй дуге, тем меньше глубина проплавления. Также следует отметить незначительное влияние баланса тока

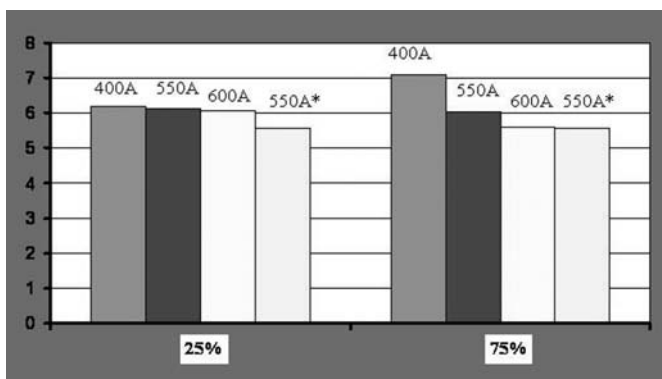


Рис. 4. Глубина проплавления при двухдуговой сварке по сравнению с однодуговой: 400, 550, 600 А — значение тока второй дуги; 550 А* — однодуговая сварка на постоянном токе обратной полярности (значение тока 550 А) [6]

на второй дуге на глубину проплавления. Таким образом, применение второй дуги по опробованной схеме незначительно увеличивает глубину проплавления при существенном увеличении количества наплавленного металла.

Для определения возможности применения ленты ЛМС для формирования корневого слоя шва в условиях двухдуговой сварки под флюсом была выполнена двухдуговая сварка пластин с V-образной разделкой. При этом были использованы режимы, представленные в табл. 1.

На рисунке 5 показана макроструктура полученного соединения и внешний вид лицевой и обратной стороны шва. Наблюдается стабильное формирование обратного валика.

Выводы

1. Показано, что применение лент ЛМС, позволяет сформировать корневой слой шва как при одно-, так и при двухдуговой автоматической сварке под флюсом стыковых соединений со стандартной разделкой, соответствующей НТД для сварки магистральных трубопроводов.



Рис. 5. Макроструктура шва, выполненного двухдуговой сваркой под флюсом

2. Использование опробованной схемы двухдуговой сварки обеспечивает получение требуемой глубины проплавления, увеличивает количество наплавленного металла и, следовательно, производительность процесса.

Литература

1. РД-25.160.00-КТН-011—10. Сварка при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов.
2. ВСН 006—89. Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка.
3. СТО Газпром СТО Газпром 2-2.2-136—2007. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.
4. Доронин Ю.В. Гидродинамические явления в сварочной ванне и их влияние на формирование обратной стороны шва при односторонней сварке // Сварка и диагностика. 2010. № 5. С. 14—20.
5. ТУ 6-48-00204961-12—90. Ленты многослойные стеклянные марки ЛМС.
6. Влияние рода и полярности тока на плавление электродного и основного металла при сварке под флюсом / Н.В. Коберник, Г.Г. Чернышов, П.П. Гвоздев, А.А. Линник // Сварка и диагностика. 2011. № 5 С. 24—27.
7. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2 т. / под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. М.: Машиностроение, 2004. Т. 1. 624 с.
8. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2 т. / под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. М.: Машиностроение, 2004. Т. 2. 480 с.
9. Воздействие вспомогательной дуги на формирование швов / С.Л. Мандельберг, Б.Г. Сидоренко, А.А. Рыбаков, В.М. Пискунов, В.В. Зацерковский // Автоматическая сварка. 1980. № 2. С. 47—48.

Статья поступила в редакцию 26.04.2012