

УДК 621.791.754

П.Л. Жилин¹, Б.П. Конищев¹, С.А. Лебедев²**ИССЛЕДОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА СВАРКИ В CO₂ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ХОЛОДНОЙ ПРИСАДКОЙ**Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева¹,
ООО «Даниели Волга»²

Рассмотрены результаты исследования увеличения производительности и качества процесса сварки в CO₂ с дополнительной присадочной проволокой (далее ДПП), подающейся в хвостовую часть расплавленной ванны в холодном виде. Произведена оценка времени сварки при заполнении V-образной разделки неповоротного кольцевого стыка трубы толщиной диаметром 1420 мм. Особое внимание уделено увеличению производительности сварки за счет введения второй холодной ДПП и уменьшению сварочных деформаций. Для этого разработана модернизация сварочной установки с целью обеспечения подачи второй холодной проволоки, а так же выполнен подбор оптимальных скоростей подачи ДПП. Исследовалось влияние различных скоростей подачи для процесса автоматической дуговой сварки в защитном газе одной электродной проволокой с подачей в плавильное пространство ДПП. Исследовалось влияние ДПП на длину сварочной ванны. В итоге, сварочные деформации при использовании ДПП значительно ниже при лучшем внешнем виде сварного шва, при меньших потерях электродного металла и увеличении производительности.

Ключевые слова: полуавтоматическая сварка, сварка в среде CO₂, углеродистая сталь, дополнительная холодная проволока, сварка с дополнительной присадкой, оптимизация скорости подачи дополнительной присадки, увеличение качества шва, снижение сварочных деформаций, увеличение производительности сварки.

Введение

Основными целями современных учений нового тысячелетия является увеличение валового национального дохода страны, интенсивное развитие экономики, выпуск качественной конкурентоспособной продукции на мировом рынке. Для достижения этого необходимы рост производительности труда, снижение энергоемкости и металлоемкости производства, повышение качества и эффективности.

В различных отраслях экономики широко применяются высокопроизводительные энерго- и металлосберегающие технологии. В решении этих задач важная роль отводится дальнейшему совершенствованию сварочного производства.

В XXI веке анализ рынка оборудования для дуговой сварки плавлением, сложившегося на рубеже веков, показывает, что наиболее распространенным способом сварки в промышленности продолжает оставаться полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG-процесс). Полуавтоматическая сварка в среде защитного газа – наиболее универсальный и распространенный в промышленности метод сварки. Словосочетание «в углекислом газе», к которому привыкли многие специалисты, умышленно упущено, так как при этом методе все чаще используются многокомпонентные газовые смеси, в состав которых, помимо углекислого газа, могут входить аргон, кислород, гелий, азот и другие газы.

Применение стандартного оборудования, состоящего из унифицированных узлов (сварочная головка и полуавтомат, сварочный трактор и полуавтомат, два полуавтомата и т. д.) позволяет осуществить внедрение технологического процесса наплавки или сварки с минимальными капитальными затратами. Одновременно с повышением производительности труда сокращается число рабочих, повышается качество швов за счет уменьшения глубины проплавления и доли участия основного металла и применения комбинаций наплавочных материалов с различными свойствами, снижается расход электроэнергии, сокращается число наплавленных слоев, уменьшается пло-

щадь зоны термического влияния и тепло-вложение в основной металл в целом. Улучшается внешний вид швов и санитарно-гигиенические условия на рабочем месте.

Обзор литературных данных по исследованиям и разработкам различных аспектов технологических процессов с применением дополнительной присадочной проволоки (ДПП) показывает широкие возможности их применения в сварке плавлением и наплавке электрической дугой, плазмой и другими источниками тепла.

Анализируя изложенное, следует отметить, что широкое применение автоматической дуговой наплавки и сварки с бездуговой подачей дополнительной присадочной проволокой в промышленности отвечает поставленным наукой задачам, в частности, повышению производительности и качества труда при экономии энергоматериальных ресурсов и улучшении условий труда.

Метод сварки с дополнительной холодной присадочной проволокой характеризуется меньшим удельным тепловложением, по сравнению с обычными методами сварки, что приводит к улучшению термического цикла сварки. В результате улучшаются структура металла сварного соединения, условия кристаллизации и, в итоге, улучшаются механические свойства. Механические свойства зависят от химического состава и структуры металла. Химический состав металла шва можно регулировать путем изменения химического состава присадочного металла и изменения доли основного металла.

В данной работе представлены результаты исследований по увеличению производительности и качества процесса сварки в CO_2 с дополнительной холодной присадкой.

Сварка проводилась на пластинах размерами $100 \times 60 \times 10$ с V-образной разделкой кромок, а также проводилась сварка на пластины без разделки кромок. Материалом заготовок является низкоуглеродистая конструкционная сталь Ст3 сп.

Как правило, при сварке таких материалов применяют сварку в среде защитных газов, позволяющую сравнительно просто механизировать и автоматизировать процесс соединения металлов, который находит в последние годы широкое и все возрастающее применение во всех промышленно развитых странах мира [2].

Для сварки пластин применяется универсальная установка для автоматической сварки АДС-1 научно-производственного предприятия «ТехноТрон».

Установка предназначена для автоматической сварки стальных листов: стыковых и угловых швов в нижнем положении проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками в среде защитных, активных газов и их смесей.

Для сварки встык пластин с V-образной разделкой кромок использовали автоматическую сварку в среде защитного газа CO_2 проволокой сплошного сечения Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. В качестве дополнительной холодной присадки применяли такую же проволоку.

Схема процесса сварки в защитных газах с ДПП

Схема процесса сварки сплошной проволокой в защитном газе с ДПП, подающейся в хвостовую часть сварочной ванны представлена на рис. 1.

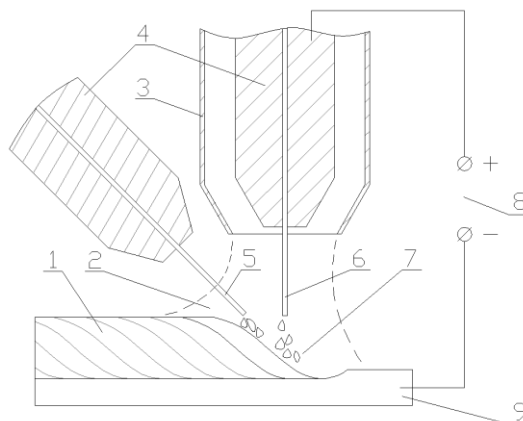


Рис. 1. Схема процесса сварки в защитных газах с ДПП:

1 – наплавленный застывший металл; 2 – защитная атмосфера; 3 – сопло; 4 – токовый наконечник; 5 – не токопроводящая электродная проволока; 6 – токопроводящая электродная проволока; 7 – сварочная ванна расплавленного металла; 8 – источник питания; 9 – наплавляемый металл

Что касается усовершенствования процесса сварки введением ДПП, то холодная проволока подавалась в сварочную ванну, расположенную позади основной токоведущей электродной проволоки. В этом случае она плавится в сварочной ванне. Решение в пользу подобного размещения устройства подачи холодной проволоки было принято на основании предварительных исследований. Оно позволяет выполнять более широкие швы с более четкой границей раздела с основным металлом. Увеличивается высота шва, а также положительно изменяется соотношение ширины и высоты сварного соединения.

Модернизация сварочной установки

Было разработано приспособление для подачи дополнительной холодной электродной проволоки в сварочную ванну, изображенное на рис. 2. Сопло 1 прикрепляется к универсальному автомату дуговой сварки АДС-1, через которое подается защитный газ и основная электродная проволока. Крепление 3 позволяет регулировать угол подачи дополнительной электродной проволоки в диапазоне 30-70° и имеет регулировочный болт 3. Между креплением и соплом имеется токоизолирующий материал асбест 2. Дополнительная холодная проволока подается через соединенные между собой токовый наконечник 4 с диффузором 5 и гибким кабелем 6. Для подачи дополнительной ДПП использовался механизм подачи проволоки МП-4.4 фирмы «Технотрон».

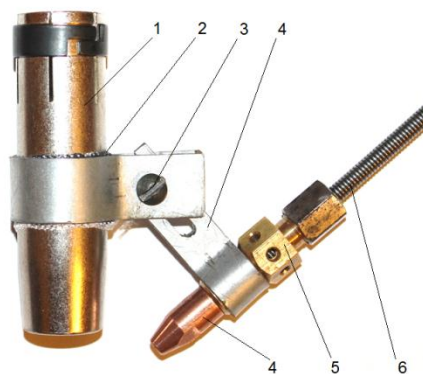


Рис. 2. Приспособление для подачи дополнительной холодной электродной проволоки в сварочную ванну

Если подача осуществляется в сварочную ванну вслед за электродом, легирующие элементы, которые бы в противном случае выгорели, могут вводиться в наплавляемый металл. Для обеспечения наплавления присадки необходимо особо внимательно следить за помещением холодной проволоки точно в сварочную ванну (а не область дуги). Этим достигается воспроизводимость последовательности технологических операций. Для обеспечения точного расположения следует обращать особое внимание:

- 1) на угол наклона холодной проволоки;
- 2) расстояние между проволочным электродом и холодной проволокой;
- 3) вылет дополнительно подающейся электродной проволоки.

Подача присадочной проволоки в хвостовую часть сварочной ванны, представленной на рис. 2, осуществлялась под углом 45° в хвостовую часть ванны.

Влияние количества вводимой ДПП на параметры сварного шва

Целью первых испытаний было определение влияния использования холодной проволоки на форму шва. В этих целях швы выполнялись с использованием холодной проволоки. Для этих исследований был введен коэффициент наплавления P , выражающий отношение массы холодной проволоки, подаваемой во время сварки к массе наплавленного электрода.

При использовании большего количества холодной проволоки возрастает высота и снижается глубина проплавления, ширина сварного шва уменьшается незначительно.

По экспериментальным данным была построена зависимость параметров сварного шва от количества коэффициента наплавления P , которая представлена на рис. 3. Сварка при этом проводилась на ровной пластине без разделки.

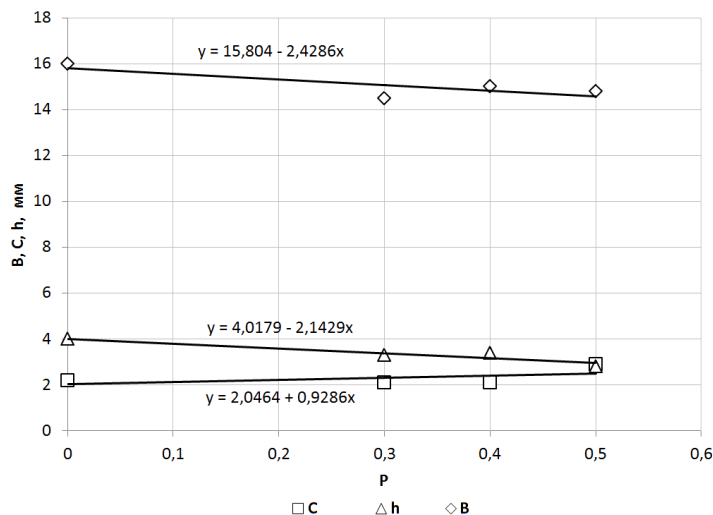


Рис. 3. Зависимость ширины шва B , высоты шва C и глубины проплавления от количества коэффициента наплавления P

При введении в сварочную ванну ДПП происходит уменьшение доли участия основного металла γ_0 (рис. 4).

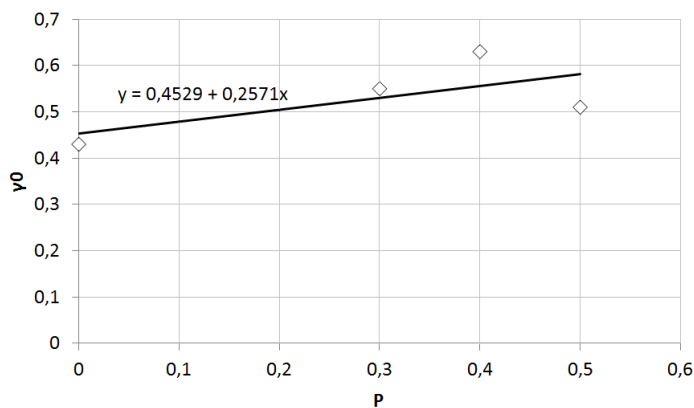


Рис. 4. Зависимость доли участия основного металла γ_0 от количества коэффициента наплавления P

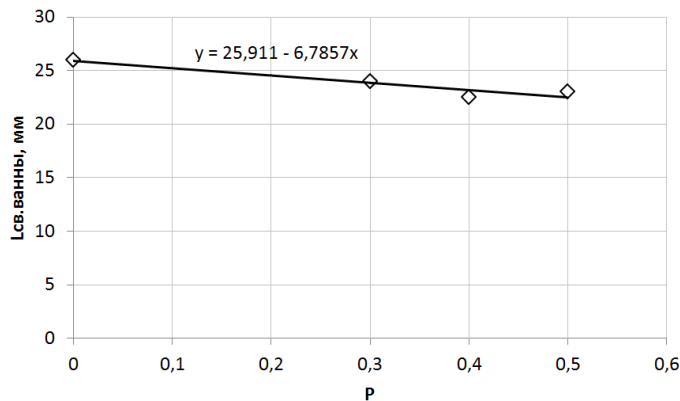


Рис. 5. Зависимость длины сварочной ванны L от количества коэффициента наплавления P

С введением ДПП в хвостовую часть ванны ее длина уменьшается. Данная зависимость представлена на рис. 5.

Увеличение производительности сварки за счет введения ДПП

Было произведено исследование по увеличению производительности сварки в V-образную разделку кромок стальных пластин из стали Ст3 сп, толщинами 10 мм. При введении ДПП в хвостовую часть сварочной ванны удается снизить количество заполняющих проходов с трех до двух, тем самым увеличив производительность сварки в 1,5 раза. Графически схема заполнения разделки представлена на рис. 6. Корневой шов в расчет не берется.

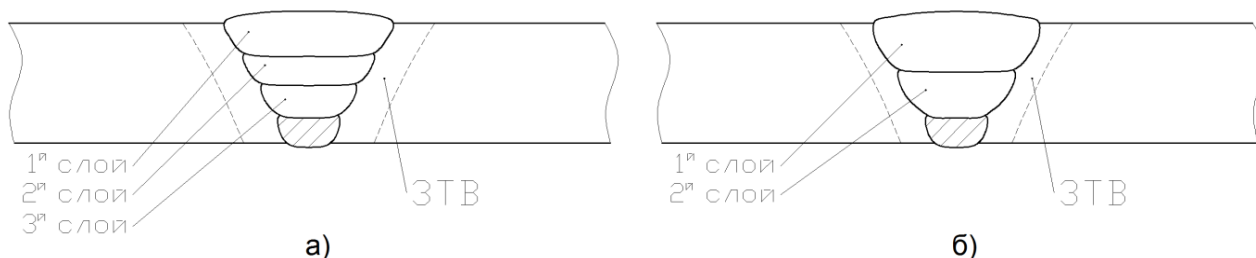


Рис. 6 Схема процесса сварки пластин:
а – одной электродной проволокой; б – с ДПП

Режимы, на которых проводилась сварка, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы сварки

	№ шва	$I_{св.}, A$	$U_{хх}, B$	$U_{раб.}, B$	$V_{п.п.1}, м/мин$	$V_{п.п.2}, м/мин$	$V_{св.}, м/мин$	$V_{газа}, л/мин$	P	Колебания горелки, кол/с
Сварка одной проволокой	1	180	20	23	5	0	0,5	10 - 15	0	нет
	2	185	22	24	5	0	0,5	10 - 15	0	нет
	3	182	26	29	5	0	0,5	10 - 15	0	1
	4	190	26	28	5	0	0,2	10 - 15	0	1
Сварка одной проволокой с введением ДПП	1	180	20	23	5	0	0,5	10 - 15	0,5	нет
	2	180	29	26	5	2,5	0,4	10 - 15	0,5	1
	3	180	29	26	5	2,5	0,2	10 - 15	0,5	1

Влияние сварочных деформаций при сварке с ДПП

В результате местного (неравномерного) нагрева металла, обусловленного воздействием концентрированного источника теплоты, в сварной конструкции возникают временные и остаточные сварочные напряжения. Метод сварки с дополнительной холодной присадочной проволокой характеризуется меньшим удельным тепловложением по сравнению с обычными методами сварки, что приводит к улучшению термического цикла сварки, а также снижению сварочных деформаций.

На рис. 7 схематично изображены размеры угловой деформации стыкового сварного шва.

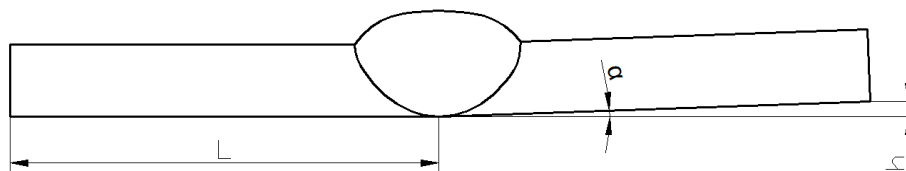


Рис. 7 Размеры угловой деформации стыкового сварного шва:

L – длина пластины; h – величина высоты деформации; α – величина угла деформации

Данные по деформациям пластины занесены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость сварочных деформаций пластины от величины P

Зависимость сварочных деформаций пластины от P							
Опыт 1 ($I=100A$)				Опыт 2 ($I=230A$)			
P	h , мм	L , мм	α , °	P	h , мм	L , мм	α , °
0	2,22	60	2,12	0	4,1	71,5	3,28
0,3	2,04	60	1,95	0,3	3,9	73	3,06
0,5	0,98	60	0,94	0,5	3,6	73	2,82

Полученная опытным путем зависимость сварочных деформаций α от P при различных значениях сварочных токов представлена на рис. 8.

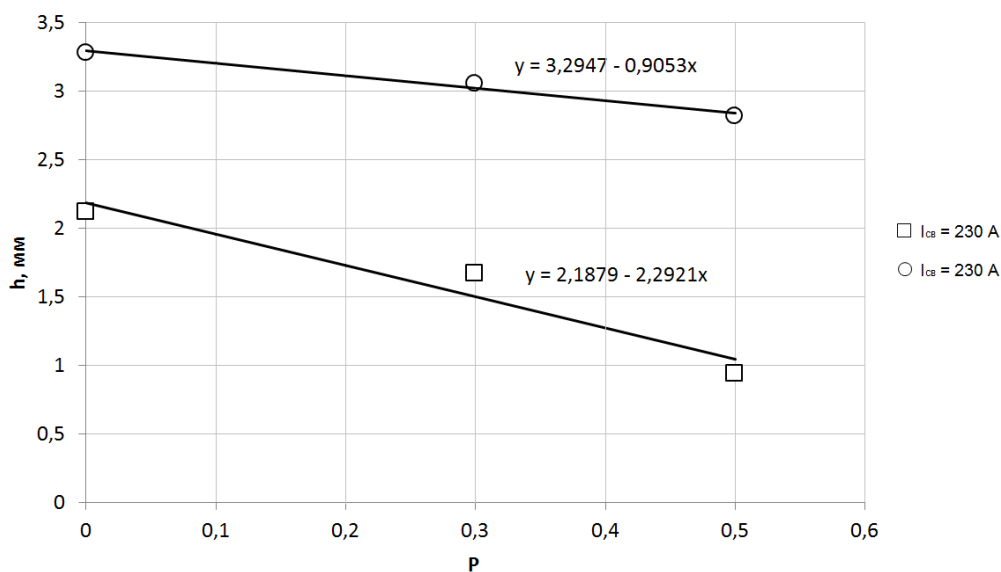


Рис. 8. Зависимость сварочных деформаций α от количества коэффициента наплавления P при различных параметрах сварочных токов

Таким образом, можно сделать вывод, что вводимая ДПП в хвостовую часть сварочной ванны холодная проволока существенно влияет на уменьшение сварочных деформаций. С введением ДПП в количестве $P=0,5$ деформации уменьшаются в среднем в 1,5 раза.

Выводы

В итоге проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ полученных данных и их зависимостей показывает, что при неизменном основном режиме ($I_{св} = 220A$, $U=37V$, $V_{п.п.1} = 5$ м/мин):

- высота шва при введении ДПП в количестве $P=0,5$ увеличивается с 2,2 до 2,9 мм, изменение составляет 24,1%;
- глубина проплавления при введении ДПП в количестве $P=0,5$ уменьшается с 4,0 до 2,8 мм, изменение составляет 30%;
- ширина шва при введении ДПП в количестве $P=0,5$ уменьшается незначительно с 16,0 до 14,8 мм, изменение составляет 7,5%;
- доля участия основного металла при введении ДПП в количестве $P=0,5$ уменьшается с 0,57 до 0,49 мм, изменение составляет 15,7%.

Таким образом, с увеличением количества ДПП, подаваемой в хвостовую часть сварочной ванны, увеличивается высота шва. Уменьшаются глубина проплавления и длина сварочной ванны в связи с тем, что часть энергии тратится на расплавление ДПП. При этом ширина шва уменьшается незначительно. Также уменьшается доля участия основного металла.

2. Предложена модернизация сварочной установки для осуществления подачи ДПП в хвостовую часть ванны.

3. При введении ДПП в хвостовую часть сварочной ванны удается снизить количество заполняющих проходов с трех до двух, тем самым увеличив производительность сварки в 1,5 раза.

4. При введении ДПП в хвостовую часть сварочной ванны уменьшаются сварочные деформации в среднем в 1,5 раза.

Библиографический список

5. Сидорина И.И. Основы материаловедения / И.И. Сидорина. – М.: Машиностроение, 1976. – 436 с.
6. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в газах / Н.М. Новожилов. – М.: Машиностроение, 1979. – 239 с.
7. Ханапетов, М.В. Сварка конструкций с дополнительной порошкообразной присадкой / М.В. Ханапетов. – М.: Стройиздат, 1992. – 192 с.

*Дата поступления
в редакцию 11.12.2014*

P. L. Zhilin¹, B. P. Konishev¹, S. A. Lebedev²

RESEARCH ON PRODUCTIVITY INCREASE AND QUALITY IMPROVEMENT OF CO₂-SHIELDED WELDING WITH AN ADDITIONAL COLD FILLER

The Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev¹,
ООО “Danieli Volga”²

This article deals with a research on productivity increase and quality improvement of CO₂-shielded welding with an additional filling wire (hereinafter additional filler), supplied cold to the tail unit of the molten bath. Welding time at filling of the V-groove of a nonrotatable circular pipe joint with diameter of 1420 mm was evaluated. Special attention was paid to the increase of the welding productivity by introducing of the second cold additional filler and the decrease of welding deformations. For this purpose the welding unit was upgraded (modernized) to allow the supply (feeding) of the second cold wire, and also a selection of rates optimal for additional filler feeding was effectuated. The effect of different feeding rates on the process of automatic gas-shielded arc welding with a single welding wire and an additional filler fed into the melting chamber was studied. A study of the effect of the additional filler on the molten bath length took place. As a result, welding deformations level is sufficiently lower and the configuration of the welded joint is better when using the additional filler; smaller loss of electrode metal and the productivity increase are observed.

Key words: semi-automatic (manual) welding, CO₂-shielded welding, carbon (simple) steel, additional cold wire, welding with an additional filler, additional filler feeding rates optimization, welded joint quality improvement, welding deformations decrease, welding productivity increase.