

УДК 621.791(075.08)

Шаферовский В. А., Серенко А. Н.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА СВАРКИ ТОЛСТОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА ПОД ФЛЮСОМ С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

В условиях ряда предприятий были проведены сравнительные исследования различных способов сварки толстолистовых элементов из сталей различного типа толщиной 40...70 мм. Так в объединении «Ждановтяжмаш» (ныне ОАО «Азовмаш») была осуществлена сварка стали типа 09Г2С (толщиной 50 мм), стали 12Х18Н10Т (толщина листов 40 мм) и др. [1–2].

Электрошлаковую сварку стали, типа 09Г2С осуществляли на установке типа А-535 по обычной технологии, принятой на предприятии. Многопроходную сварку производили на аппарате АД-107, разработанном в ИЭС им. Е. О. Патона на режимах: $I_{св.} = 360...380$ А, $U_d = 40...42$ В, $V_{св.} = 5$ мм/с (18 м/ч), расход углекислого газа $Q_2 = 40...55$ л/мин, диаметр электрода 2 мм, вылет электрода 30...40 мм (углом вперед, без колебаний).

Сварку с программированием параметров режима (ППР) выполняли с помощью головки А-1401 и программирующего блока. Сварку производили проволокой Св-10ГСМТ диаметром 4 мм под флюсом АН-60. Фотографии макрошлифов на рис. 1 и 2.

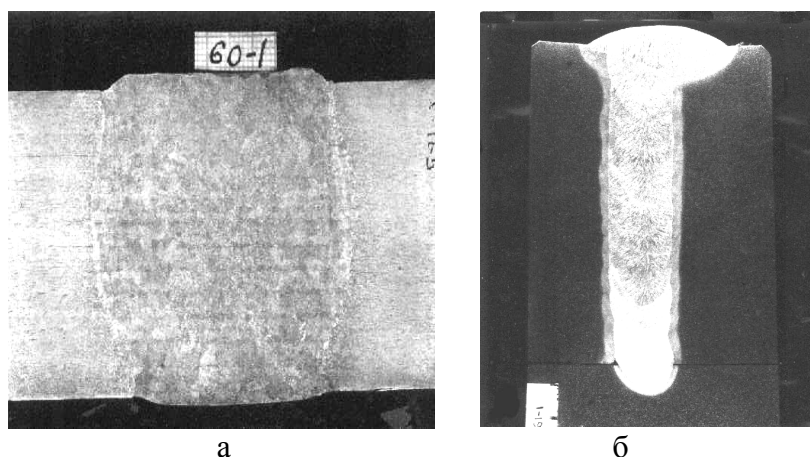


Рис. 1. Макрошлифы сварных швов из стали 09Г2С толщиной 50 мм: а – электрошлаковая; б – многопроходная в щелевой зазор в CO_2

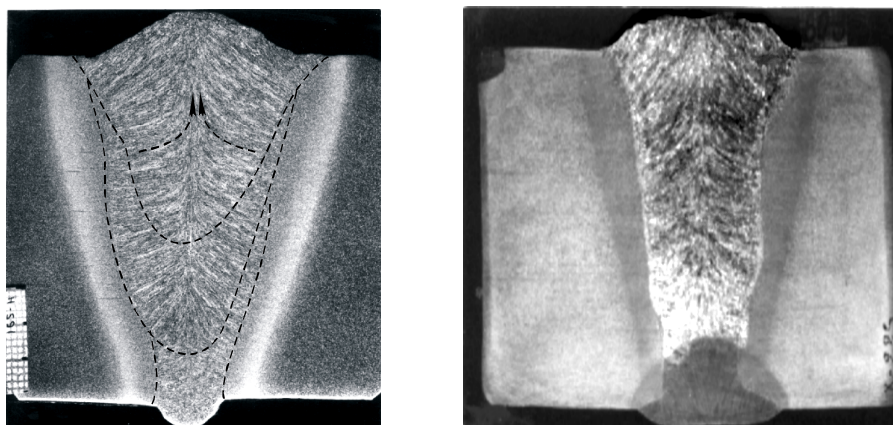


Рис. 2. Макрошлифы сварных швов из стали 09Г2С толщиной 50 мм: а – с ППР по схеме II; б – с подварочным швом

Разработанный способ сварки опробован на ряде марок сталей 09Г2С, 10ХСНД, толщиной до 70 мм, 16Г2АФ, 16ГС, 30ХГСН2А, 20ХГСН2МФА, 12Х18Н10Т толщиной до 40 мм. При сварке указанных марок сталей и толщин были проведены механические испытания сварных соединений, которые подтвердили положительные особенности разработанного способа сварки. Проверка технических возможностей сварки с ППР была проведена при сварке образцов из стали АК-36 толщиной 100 мм.

На ОАО «Азовмаш» для соединения кольцевых стыков чаш засыпных аппаратов доменных печей применяется механизированный способ электродуговой сварки плавящимся электродом в углекислом газе в узкощелевую разделку.

Целью проведенных исследований было повышение производительности и качества сварки указанных конструкций, для чего был применен способ сварки с ППР [3], вместо сварки в щелевой зазор.

Сварку чаш диаметром 5 м производили на установке У-125, переоборудованной для сварки с программированием режима.

Установка для сварки кольцевых швов засыпных аппаратов доменных печей включает в себя: сварочный манипулятор грузоподъемностью 50 т; подвижную площадку, на которой смонтирована сварочная головка типа А-1401 с программирующим блоком.

Сварку осуществляли проволокой Св-08ГА диаметром 4 мм под флюсом АН-60. Основной шов сваривается после выполнения сборочного шва. В качестве источника питания сварочной дуги используют сварочный выпрямитель ВДУ-1601. Средняя скорость сварки составляет 3 мм/с (11 м/ч). Сварку с ППР производят с внутренней стороны чаши. Величина смещения электрода относительно вертикальной оси составляет 80...120 мм в сторону, противоположную направлению вращения манипулятора. Сварка с ППР осуществляется по схеме II [2], при этом перемещение автомата в течение времени t_1 , совмещается с вращением изделия в противоположную сторону, что обеспечивает суммарную величину перемещения электрода по периметру изделия ($L = 110$ мм), а при движении сварочной головки при максимальном токе на шаг $L/2$ в обратную сторону электрод занимает исходное среднее положение с заданным смещением от зенита 80...120 мм. Общий вид установки для сварки чаши представлен на рис. 3.

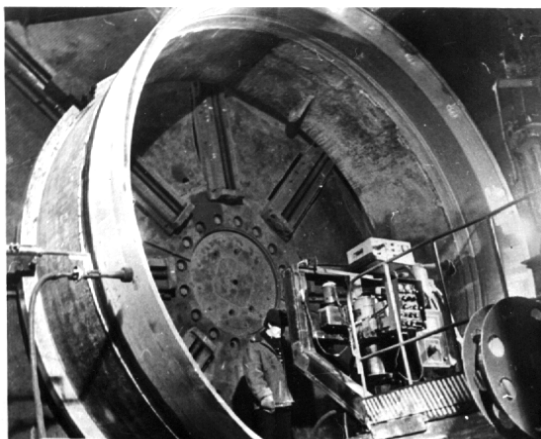


Рис. 3. Общий вид установки для сварки с программированием режима чаш засыпных аппаратов

Отработка технологического процесса сварки изделий из стали 12Х18Н10Т с программированием режима в опытно-промышленных условиях проводилась в два этапа. На первом этапе из листовой стали типа 12Х18Н10Т толщиной 40 мм изготавливались четыре серии образцов со скосом кромок торцевой части стыка, соответственно 4, 6, 8 и 10 градусов от вертикали. На этом этапе определяли оптимальные величины угла раскрытия кромок

и нижнего зазора, которые существенно влияют на глубину проплавления металла и качество формирования лицевого и корневого швов. Позитивные результаты были достигнуты на образцах со скосом кромок $6 \pm 1^\circ$ от вертикали и нижнем зазоре 5,5...6,5 мм при давлении воздуха в пневматическом шланге флюсовой подушки 1,0...1,5 МПа.

На втором этапе при выбранном угле раскрытия кромок была произведена сварка контрольных образцов из стали 12X18H10T проволокой Св-05X20H9ФБС, диаметром 4 мм, под флюсом АН-26с. Хорошие результаты были получены на следующих режимах сварки: минимальная величина сварочного тока, I_{min} , А – 480...550; максимальная величина сварочного тока, I_{max} , А – 1300...1450; минимальное напряжение на дуге, $U_{до}$, В – 54...58; максимальное напряжение на дуге, U_{dmax} , В – 64...68; длительность периода нарастания тока, t_2 , с – $5 \pm 0,5$; длительность выдержки максимального тока, t_3 , с – $8 \pm 0,5$; длительность периода снижения тока, t_4 , с – $1 \pm 0,2$; длительность выдержки минимального тока, τ_1 , с – $4 \pm 0,5$; скорость сварки при максимальном токе, $V_{н.м.1} \cdot 10^{-3}$, м/с – 6...8; скорость сварки при минимальном токе, $V_{н.м.2} \cdot 10^{-3}$, м/с – 26...29; величина перемещения сварочного электрода вперед, по направлению сварки, L_1 , м – 0,11; величина перемещения сварочного электрода назад, L_2 , м – 0,0055. Род тока – постоянный, обратной полярности. Режим сварки подварочного шва: – номинальная сила сварочного тока, I_n , А – 750; напряжение на дуге, U_d , В – 38...40; скорость сварки, $V_{св} \cdot 10^{-3}$, м/с – 6,94. Разработанные режимы сварки с ППР использовались для изготовления полотнищ из стали 12X18H10T, из которых после вальцовки собирались и сваривались обечайки теплопрочной вакуумной камеры (ТПВК), в которой производятся испытания космических летательных аппаратов типа «Буран».

Опытно-промышленная установка для механизированной сварки под флюсом толстолистового металла включает в себя: катучую балку, сварочный аппарат типа А-1401 со шкафом управления, тиристорный источник питания ВДУ-1601, программирующий блок, флюсовую пневматическую подушку с перепускным клапаном и манометрами.

Перед сваркой опытно-промышленной партии полотнищ из стали типа 12X18H10T, для компенсации поперечной усадки шва после сварки и сохранения в процессе выполнения шва постоянного зазора, осуществляли сборку листов с клиновидным зазором, расширяющимся к концу шва. Угол раскрытия клиновидного зазора в продольном направлении составлял 0,5...1,0 градуса. После сварки полотнищ, снятия усиления швов и последующей вальцовки осуществляли сборку отдельных секторов в обечайку. Сварка различного насыщения сборочных единиц производилась, в основном, ручной дуговой сваркой электродами ЦТ-15, диаметром 4 мм на режимах, применяемых на ОАО «Азовмаш».

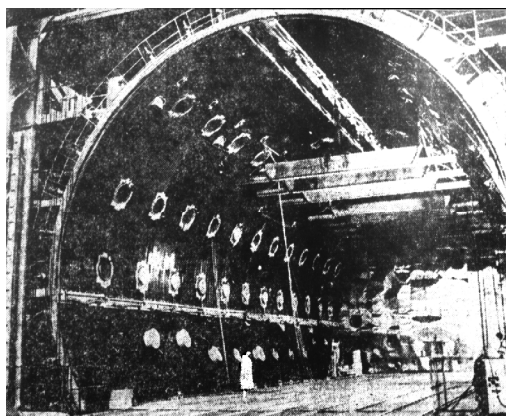


Рис. 4. Общий вид монтажа теплопрочной вакуумной камеры типа ТПВК-1

Установлено, что производительность сварки с ППР стали толщиной 40 мм под флюсом АН-26с в 2–3 раза выше производительности многопроходной сварки (базовый вариант). При этом, удельные энергетические затраты, трудоемкость изготовления и расход сварочных

материалов значительно ниже соответствующих показателей механизированной многопроходной сварки. На рис. 4 представлен общий вид монтажа теплопрочной вакуумной камеры в г. Жуковском, Московской области.

Для иллюстрации возможностей сварки по схеме VI [2], ними приведены конкретные результаты, полученные при сварке трубных образцов из высокопрочной стали 30ХГСН2А с наружным диаметром 180 мм и толщиной стенки 22 мм.

Образцы собиратели с подкладным кольцом без разделки кромок с зазором 6 мм. Сварку производили проволокой ВЛ-1Д диаметром 4 мм в аргоне. Сварку начинали при минимальной скорости подачи электрода 22,2 мм/с (80 м/ч) и сварочном токе 500 А. После возбуждения дуги увеличивали скорость подачи электрода до 66,6 мм/с (180 м/ч) и сварочный ток увеличивался до 800...850 А за время $t_2 = 3$ с. При максимальной плотности тока за время $t_3 = 1,0$ с изделие поворачивалось на угол $\alpha = 10^\circ$. После чего уменьшали скорость подачи проволоки до минимального значения (за время $t_1 = 1,2$ с) и изделие поворачивали также на угол $\alpha = 10^\circ$ за время $t_1 = 1$ с. Средняя скорость сварки для данных типоразмеров образцов составила 4,8 мм/с (17,6 м/ч). Циклы повторяли в той же последовательности до сварки образца по всему периметру. Фотография зоны соединения трубного образца, сваренного по схеме VI [2] приведена на рис. 5.



Рис. 5. Общий вид трубного образца

Использование предлагаемого способа сварки для трубных изделий с толстыми стенками обеспечивает по сравнению с существующими способами сварки следующие преимущества: повышение производительности процесса сварки в 3...4 раза; повышение служебных характеристик сварного соединения (предела прочности, ударной вязкости и др.); снижение расхода сварочных материалов и электроэнергии.

ВЫВОДЫ

Проведенные лабораторные исследования подтвердили положительные особенности предложенного способа сварки. Свойства сварного соединения имели следующие значения:

$\sigma_B = 1700$ МПа; $KCU_{+20} \geq 50$ Дж/см²; $KCU_{-70} \geq 47$ Дж/см². Для аналогичных изделий, сваренных многопроходной сваркой с разделкой кромок под флюсом характеристики сварного шва имеют следующие значения:

$$\sigma_B = 1200 \text{ МПа}; KCU_{+20} \leq 40 \text{ Дж/см}^2; KCU_{-70} \leq 40 \text{ Дж/см}^2.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Технично-экономическое сопоставление различных способов сварки толстолистового металла / А. Н. Серенко, А. И. Патрикеев, В. А. Шаферовский и др. // Сварочное производство. – 1985. – № 12. – С. 3–5.
2. Серенко А. Н. Сварка толстолистовой стали с программированием процесса / А. Н. Серенко, В. А. Шаферовский, А. И. Патрикеев // Учебное пособие. – Мариуполь : ПГТУ, 2000. – 296 с.
3. Прогрессивная технология сварки толстолистовой стали / И. Г. Пещерин, В. Е. Гаврилов, В. А. Шаферовский и др. // Информационный научно-технический сборник. Технология, организация и механизация сварочного производства. – Вып. 1. – 1984. – С. 4–6.