1324304

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи

Боженко Борис Леонидович

СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НА ФОРСИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

/Специальность 05.04.05 - Технология и машины сварочного производства/

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С С С Р

М о с к о в с к о е
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1324304
Боженко Б.П. Сварка в угле

На правах рукописи

Боженко Борис Леонидович

СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НА ФОРСИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

/Специальность 05.04.05 – Технология и машины сварочного производства/

№1324304

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва 1976 г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель – Лауреат Ленинской премии, доктор технических наук, профессор АКУЛОВ А.И.

Научный консультант – кандидат технических наук, доцент ЧЕРНЫШОВ Г.Г.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор ДОРГЕРОВ Н.Г.

кандидат технических наук, с.н.с. ВИНОГРАДОВ В.А.

Ведущее предприятие – ВНИИМонтажспецстрой.

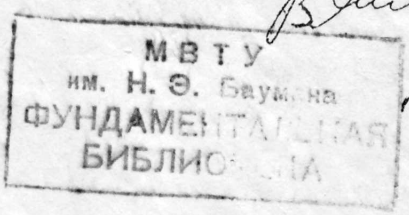
Защита диссертации состоится " " _____ 1978г. на заседании специализированного Совета К053.15.03 по технологии и машинам сварочного производства Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища им.Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " " _____ 1978 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
доктор технических наук,
доцент ЯМПОЛЬСКИЙ В.М.



Подп.к печати 23.03.1978 г. Объем 1 п.л. Тип.МВТУ Зак.382
Тир. 100. Л71556

Актуальность работы. В тяжелом, энергетическом, транспортном и химическом машиностроении, а также в судостроении значительный объем занимает сварка изделий толщиной 6 мм и более. Так как температурное поле в них при сварке в CO_2 нельзя считать плоским, подобные толщины являются повышенными. Одним из наиболее эффективных способов увеличения производительности сварки изделий повышенной толщины является уменьшение числа проходов, т.е. увеличение глубины проплавления. При сварке с глубоким проплавлением наиболее сильно проявляется влияние различного рода возмущений на формирование сварного шва. При ручной дуговой сварке в условиях действующих возмущений высокое качество швов достигается непосредственным воздействием рабочего-сварщика на процесс формирования шва. При автоматической дуговой сварке качественное формирование швов при отсутствии внешних регуляторов может быть достигнуто отработкой возмущающих воздействий за счет переходных процессов внутри сварочного контура: электрод - дуга - сварочная ванна - источник питания (Э-Д-СВ-ИП). Поэтому для обеспечения высокого качества швов при автоматической сварке необходимо исследовать влияние действующих возмущений на переходные процессы в сварочном контуре.

Целью данных исследований являлась разработка технологии однопроходной сварки в углекислом газе стыковых соединений углеродистых сталей повышенной толщины.

Методы исследования, использованные в данной работе, включали теоретический анализ процессов при саморегулировании длины Д, расчет температуры нагрева Э в вылете; эксперименты с применением как традиционных методик осциллографирования и киносъемки, так и специальных методик определения размеров пятна нагрева Д на изделии и зондирования СВ, имитацию процесса глубокого проплавления сваркой по ребру пластины, а также методы корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа.

Научная новизна работы заключается в развитии на базе расчетно-экспериментального исследования переходных процессов в контуре Э-Д-СВ-ИП и гидродинамических явлений в СВ представлений о формировании швов при глубоком проплавлении, которые показывают, что получение качественных швов в условиях гидродинамических возмущений может быть достигнуто за счет апериодических переходных процессов, обеспечивающих возникновение в сварочном контуре импульсов силы давления Д, достаточных для

стабилизации положения СВ.

Практическая ценность работы состоит в нахождении областей рационального применения различных методов стабилизации размеров шва по длине стыка, обеспечивающих высокое качество сварки в условиях глубокого проплавления, а также в создании методики выбора параметров режима сварки, оптимальных в условиях конкретного производства.

Апробация результатов работы осуществлена при создании "Рекомендаций по сварке в CO_2 на форсированных режимах", переданных для использования 37 предприятиям машиностроительных отраслей промышленности. Основные положения работы доложены:

- на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" МВТУ им. Н.Э.Баумана 17 января 1977 года и 21 ноября 1977 года;
- на П Всесоюзной научно-технической конференции "Прогрессивные методы сварки в тяжелом машиностроении и наплавки в черной металлургии", Жданов, 14 сентября 1977 года.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов по работе, содержащих 181 страницу машинописного текста с 76 рисунками и 17 таблицами, а также приложения, содержащего 19 страниц машинописного текста с 3 рисунками и 1 таблицей.

Глава I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ РАБОТЫ. МАТЕРИАЛЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

Если при дуговой сварке тонколистовых изделий для повышения производительности процесса сварки, в основном, используют методы увеличения производительности расплавления электродного металла без увеличения проплавляющей способности Д, то при сварке толстолистовых изделий главной проблемой является увеличение глубины проплавления. Анализ способов увеличения производительности сварки толстолистового металла (плазменная сварка, сварка по щелевому зазору, сварка в вертикальном положении, сварка на форсированных режимах и др.) показал, что в диапазоне толщин от 8 до 16 мм наиболее эффективным является форсирование режима сварки. Повышение сварочного тока при сварке стыковых соединений приводит к появлению выплесков жидкого металла из СВ и возникновению подрезов в усилении шва, поэтому в работе изучены возможности увеличения глубины проплавления повышением скорости истечения защитного газа и плотности тока в Э. В работе были поставлены следующие задачи:

1. Изучение способов получения бездефектных односторонних однопроходных швов стыковых соединений листов толщиной 8-16 мм.

2. Анализ условий стабильного горения Д при сварке на повышенных плотностях тока.

3. Исследование влияния гидродинамических явлений в СВ при сварке с глубоким проплавлением на переходные процессы в сварочном контуре и стабильность размеров шва по длине стыка.

4. Исследование способов стабилизации положения СВ; нахождение критериев, определяющих стабильность размеров шва, и разработка на базе найденных критериев методики инженерного расчета режимов при сварке с глубоким проплавлением.

5. Изучение свойств металла стыковых соединений, полученных сваркой с глубоким проплавлением.

В главе имеется краткая информация об основных видах материалов и оборудования, использованных в экспериментальной части работы. Так, в качестве устройств, формирующих обратную сторону шва, использованы флюсо-медные и керамические подкладки. Вопрос формообразования обратной стороны шва, являющийся по своей значимости темой отдельного исследования, в настоящей работе не изучался.

Глава 2. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТЫКОВЫХ ШВОВ ПРИ СВАРКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЫШЕННЫХ СКОРОСТЕЙ ИСТЕЧЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ГАЗА

Использование для сварки стыков, собранных без зазора, повышенных (более 10м/с) скоростей истечения защитного газа увеличивает глубину проплавления в 1,5-2 раза и позволяет получать за один проход стыковые соединения листов толщиной до 16 мм включительно. Однако несоответствие между большим количеством наплавленного металла и малой шириной шва приводит к образованию грибовидной формы усиления. Наиболее простым и эффективным способом устранения грибовидности усиления сварных швов, как установлено в работе В.В. Антипова, является сварка по гарантированному зазору (обычно от 2 до 5 мм), не превышающему минимальной ширины зоны проплавления. Вместе с тем увеличение глубины проплавления более 10 мм при сварке по гарантированному зазору вызывает образование несплавлений в верхней части шва. Как показывает изучение процесса формирования сварных швов, причиной образования несплавлений является то, что глубина проплавления значительно превышает длину Д, а Д и основное выделение тепла под действием газового потока стабилизируются в корневой части зазора.

Для исключения несплавлений необходимо равномерное распределение теплового потока Д по толщине свариваемых листов. Так как

при использовании повышенных скоростей истечения защитного газа увеличение длины Д невозможно вследствие вероятности ее обрывов, равномерное распределение тепла может быть достигнуто периодическим изменением заглубления Д в основной металл. Наиболее эффективным способом управления положением Д в зазоре является модуляция скорости газового потока. Изменение заглубления Д приводит к колебаниям СВ. Как показывает дисперсионный анализ экспериментальных данных, качественное формирование сварных швов наблюдается при совпадении частоты модуляции скорости газового потока с частотой колебаний СВ. В работе экспериментальным путем получена зависимость частоты колебаний СВ от глубины проплавления. Представление частоты колебаний СВ, т.е. оптимальной частоты модуляции скорости газового потока, от глубины проплавления, а не от объема жидкого металла является не совсем корректным, но более целесообразным в практических целях, где глубина проплавления обычно задается толщиной свариваемых листов. Существенным недостатком данного способа сварки является то, что при снижении скорости истечения защитного газа в процессе модуляции сила давления на СВ уменьшается, а объем СВ вследствие тепловой инерции остается практически неизменимым, и жидкий металл протекает в зазор перед Д на нерасплавленные кромки стыка. Периодическое подтекание жидкого металла в зазор перед Д приводит к нестабильности размеров шва по длине стыка. Этого недостатка лишен способ сварки (положительное решение по заявке № 2187902/25-27), при котором перед Д в полость между свариваемыми кромками параллельно модулируемому потоку защитного газа с частичным его перекрытием подают дополнительный газовый поток. При подъеме Д в верхнюю часть зазора дополнительный поток газа осуществляет удержание жидкого металла от прорыва в зазор.

Несмотря на высокую производительность и удовлетворительное качество швов в лабораторных условиях, применение повышенных скоростей истечения защитного газа в производстве затруднено вследствие чрезмерно жестких требований, предъявляемых к технологическому процессу:

- отклонение Э с оси горелки $< \pm 0{,}25$мм;
- отклонение величины зазора по длине стыка $< \pm 0{,}25$мм;
- нецентричность наконечника относительно оси горелки $< 0{,}1$мм;
- изменение расхода газа $< \pm 5\%$;
- изменение диаметра выходного отверстия сопла $< \pm 0{,}05$мм;

- неравномерность эрозии и забрызгивание выходного отверстия сопла исключаются.

Таким образом, учитывая вероятность совместного действия различных возмущений, можно сказать, что несмотря на положительные результаты в лабораторных условиях, применение повышенных скоростей истечения защитного газа для односторонней однопроходной сварки изделий толщиной более 10мм в условиях производства практически невозможно. Поэтому в дальнейшем в работе все внимание было уделено сварке на повышенных плотностях тока в Э при обычной схеме подачи защитного газа.

Глава 3. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ СТАБИЛЬНОГО ГОРЕНИЯ Д ПРИ СВАРКЕ НА ПОВЫШЕННЫХ ПЛОТНОСТЯХ ТОКА

Повышенными условимся называть такие плотности тока, при которых в случае правильного выбора параметров сварочного контура происходит снижение разбрызгивания электродного металла, т.е. плотности тока в Э более 200 А/мм^2.

В зависимости от соотношения сварочного тока и напряжения Д процесс дуговой сварки плавящимся Э имеет несколько разновидностей:

- процесс с короткими замыканиями дугового промежутка (сварка короткой Д);
- процесс без коротких замыканий дугового промежутка (сварка длиной Д);
- процесс с обрывами Д.

Кроме указанных разновидностей процесса дуговой сварки плавящимся Э при повышенных значениях плотности тока наблюдается процесс с периодическими колебаниями сварочного тока с частотой 5-30 гц и амплитудой, достигающей 400-500А. Столь значительные колебания тока при сварке на повышенных плотностях тока приводят к увеличению разбрызгивания электродного металла и нестабильному формированию сварного шва. Исследованиями проф. А.В. Петрова показано, что колебания сварочного тока возникают вследствие колебаний длины Д. Причиной колебаний длины Д принято считать нагрев Э в вылете до температуры плавления при определенных значениях плотности тока в Э, называемых предельными. Однако Р. Пробст, Ю.Г. Белоусов и другие исследователи при плотностях (500-600 А/мм^2) и температурах нагрева Э в вылете близких к температуре плавления получали качественные швы при высоком уровне стабилизации сварочного тока и малом разбрызги-

вании электродного металла. Расчеты и эксперименты, проведенные в работе показали, что причиной колебаний длины Д является не перегрев Э в вылете, а изменение в сварочном контуре вида переходного процесса с апериодического на колебательный, так как: во-первых, колебания длины Д происходят в некотором диапазоне температур нагрева Э в вылете (900-1300°С), а значения этих температур не достигают температуры плавления электродного металла; во-вторых, условия перехода к процессу сварки с колебаниями длины Д зависят от электрических параметров сварочного контура. Действительно, процесс колебаний длины Д возможен лишь при наличии в цепи индуктивности - элемента, способного запасать и отдавать электрическую энергию.

Решением Э.А. Гладкова дифференциального уравнения, описывающего изменение тока в сварочной цепи с индуктивностью при скачкообразном изменении напряжения Д, определены условия перехода к процессу сварки с колебаниями длины Д.

При сварке на повышенных плотностях тока для стабильного горения Д помимо выполнения требования статической устойчивости ($K_у > 0$) необходимо, чтобы

$$K_у > 2\sqrt{K_{ст} \cdot E_д \cdot L_к}\,; \qquad (I)$$

где $K_у$ - коэффициент устойчивости системы Д-ИП, В/А;

$L_к$ - индуктивность сварочного контура, Г;

$K_{ст}$ - коэффициент саморегулирования по току, см/с.А;

$E_д$ - градиент потенциала в столбе Д, В/см.

Раскрытие выражения (I) дает значения тока, при котором происходит переход к процессу сварки с колебаниями длины Д:

$$I_{пр} = \left[\frac{(K_{дт} - K_и)^2}{4E_д \cdot L_к} - A\right] \cdot \frac{1}{B}\,; \qquad (2)$$

где $K_{дт}$ и $K_и$ - наклон вольтамперных характеристик Д и ИП, В/А;

A,B- коэффициенты, зависящие от диаметра и вылета Э;

и позволяет разработать номограммы для определения параметров сварочного контура, обеспечивающих стабильное горение Д.

При всех затруднениях в количественном определении значений предельного тока необходимо пользоваться качественными рекомендациями, гласящими, что предельный ток повышается при:

- увеличении напряжения Д; диаметра Э; наклона вольтамперной характеристики ИП;
- уменьшении вылета Э; индуктивности сварочного контура.

Обычным способом регулировки предельного тока при сварке является пропорциональное изменение напряжения Д. Получение качественных швов возможно лишь в некотором диапазоне напряжений Д,

минимальные значения которого ограничены снизу возникновением колебаний длины Д, а максимальные – появлением подрезов в усилении шва. С увеличением скорости сварки верхний предел напряжений Д, вызывающих образование подрезов, снижается. Поэтому при скоростях сварки более 100 м/ч наиболее целесообразным способом регулировки предельного тока является изменение характеристик ИП. Учитывая, что в данной работе ставилась задача увеличения глубины проплавления, а не скорости сварки, а также, что на обычно применяемых скоростях сварки (менее 80 м/ч) диапазон допустимого изменения напряжения Д вполне достаточен для получения качественных сварных швов, колебания длины Д предотвращали регулировкой напряжения Д при использовании традиционных для сварки в среде защитных газов ИП.

Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТЫКОВЫХ ШВОВ ПРИ СВАРКЕ НА ПОВЫШЕННЫХ ПЛОТНОСТЯХ ТОКА

При односторонней сварке листов толщиной более 6 мм сборку стыков осуществляют с гарантированным зазором или разделкой кромок, т.к. швы, образованные, в основном, электродным металлом, менее подвержены влиянию условий сварки на стабильность проплавления стыка. Наличие полости между свариваемыми кромками поднимает роль жидкотекучести металла СВ в формировании швов. Действительно, К. Тераи, В.Б. Антипов и др. отмечали, что на режимах, исключающих колебания длины Д при открытом переднем фронте кратера металл СВ стремится проникнуть в зазор перед Д. Таким образом, при сварке с глубоким проплавлением обеспечение стабильного горения Д является необходимым, но не достаточным условием качественного формирования швов. Одна из причин подтекания жидкого металла в зазор перед Д – это экспериментально обнаруженное Н.Мори и У.Хорри при увеличении глубины проплавления появление потока жидкого металла, направленного из хвостовой в головную часть СВ. Подтекание жидкого металла приводит к изменению размеров шва по длине стыка. Связь между подтеканием жидкого металла в зазор и изменением ширины шва подтверждается корреляционным анализом экспериментальных данных. Эмпирическое определение размеров пятна нагрева Д на изделии и их сопоставление с размерами используемых при сварке зазоров позволили установить, что прорыв жидкого металла в зазор происходит вследствие его подтекания под основание Д, а не обтекания столба Д. Поэтому течение жидкого металла в зазор, меняя положение активного пятна на изделии, вызывает изменение (приращение) тока в сварочном контуре.

Учет в дифференциальном уравнении саморегулирования длины Д вертикальных перемещений активного пятна на поверхности СВ позволил вывести выражение, определяющее величину приращений сварочного тока при подтекании жидкого металла под основание Д.

$$\Delta I = -\frac{V_в \cdot \Delta t (E_э + E_в \cdot K_с \cdot \Delta t)}{(1 + K_с \cdot \Delta t)\cdot(\rho_э + \rho_в - \rho_и)}; \qquad (3)$$

где $V_в$ – скорость вертикальных перемещений активного пятна на поверхности СВ, см/с;

Δt – время гидродинамического возмущения, с;

$E_э, E_в$ – градиент потенциала в столбе Д и в вылете Э, В/см;

$\rho_э, \rho_в, \rho_и$ – динамические сопротивления Д, вылета Э и ИП, В/А.

$$K_с = E_э\left(\frac{K_{ст}}{K_{эт} - K_и} + \frac{K_{ст}}{K_{эс} - K_{эт}}\right);$$

где $K_с$ – коэффициент саморегулирования, $с^{-1}$;

$K_{эт}, K_и, K_{эс}$ – тангенсы угла наклона вольтамперных характеристик Д, ИП и устойчивой работы системы Д – автомат, В/А.

$$K_{ст} = \frac{8 + 0{,}003\, i \cdot L}{9\pi j_э d_э^2};$$

где $K_{ст}$ – коэффициент саморегулирования по току, см/с·А;

i – плотность тока в Э, $А/мм^2$;

L – вылет Э, мм;

$j_э$ – удельный вес электродного металла, $г/см^3$;

$d_э$ – диаметр Э, мм.

Результаты проведенных расчетов показывают, что приращения тока, а, следовательно, и давления Д, препятствующие прорыву жидкого металла в зазор, возрастают при снижении коэффициента саморегулирования, т.е. при снижении плотности тока и вылета Э. Это происходит потому, что в диапазоне скоростей вертикального перемещения активного пятна на поверхности СВ от I до I00 см/с уменьшение коэффициента саморегулирования повышает величину изменений длины Д, возникающих при подтекании жидкого металла под Д. Экспериментально найденные скорости течения жидкого металла в зазор лежат в пределах от I,65 до I8,75 см/с, в которых наиболее ярко проявляется увеличение приращений сварочного тока при снижении коэффициента саморегулирования. Действительно, при снижении коэффициента саморегулирования путем снижения плотности тока или вылета Э величина приращений сварочного тока увеличивается, а количество прорывающегося в зазор перед Д жидкого металла существенно уменьшается.

Как показывает анализ выражения ΔI, приращения сварочного тока, препятствующие прорыву жидкого металла в зазор, могут быть увеличены и при снижении динамического сопротивления Д или ИП. Однако опытным путем было установлено, что варьирование этих параметров изменяя величину приращений сварочного тока, не оказывает влияния на условия прорыва жидкого металла в зазор. Это объясняется тем, что по мгновенной величине переменной силы нельзя оценить полный результат ее действия. Поэтому критерием, определяющим условия прорыва жидкого металла в зазор, т.е. критерием, определяющим стабильность размеров шва по длине стыка при действии "гидродинамических" возмущений, является импульс силы давления Д или импульс сварочного тока, который возникает при подтекании жидкого металла под основание Д. Учитывая выражение скорости плавления Э, полученное акад. Н.Н. Рыкалиным, можно записать, что

$$\int_0^T \Delta I(t)dt = \frac{c_j}{0{,}24U_a^3}(T_к - T_в)\cdot F_э; \quad (3)$$

где $\int_0^T \Delta I(t)dt$ - приращение количества электричества при прорыве жидкого металла в зазор, А·с;

$F_э$ - площадь поперечного сечения Э, $см^2$;

$T_к, T_в$ - температура нагрева капель и Э в вылете, °С;

$S_в$ - высота вертикального перемещения активного пятна на поверхности СВ, достаточная для прорыва жидкого металла в зазор, см;

c_j - объемная теплоемкость электродного металла, $кал/см^3 \cdot °С$;

$U_a^э$ - эффективное анодное падение напряжения, В.

Действительно, приращение количества электричества определяется количеством тепла, которое необходимо для расплавления дополнительного объема электродного металла, равного произведению площади поперечного сечения Э на высоту подъема его торца. Таким образом, приращение количества электричества, а ,следовательно, и импульс силы давления Д практически определяется лишь площадью сечения и температурой предварительного нагрева (т.е. плотностью тока в Э и вылетом Э). Номограмма с соотношениями плотностей тока и вылетов Э, исключающими при различных толщинах свариваемых листов прорыв жидкого металла в зазор, представлена в приложении к диссертации.

Увеличение глубины проплавления при росте толщины свариваемых листов приводит к увеличению уровня гидродинамических воз-

мущений. В этом случае для предотвращения прорыва жидкого металла в зазор требуется увеличение импульса силы давления Д , т.е. уменьшение плотности тока или вылета Э. Наблюдающееся при увеличении глубины проплавления несоответствие между необходимостью повышения плотности тока с целью достижения требуемой производительности процесса сварки и необходимостью снижения плотности тока с целью исключения прорыва жидкого металла в зазор ограничивает толщину листов, свариваемых в CO_2 при одностороннем однопроходном способе, величиной I4мм.

На базе проведенных исследований разработана методика выбора режимов сварки в CO_2 с глубоким проплавлением, нашедшая отражение в "Рекомендациях по сварке в CO_2 на форсированных режимах". Методика выбора режима сварки является способом "внутренней" стабилизации положения СВ, т.к. положительный эффект достигается выбором параметров режима, обеспечивающих при подтекании жидкого металла под Д возникновение внутри сварочного контура импульса тока, а, следовательно, и импульса силы давления Д, достаточного для исключения прорыва жидкого металла в зазор перед Д. Если при толщине свариваемых листов менее I4мм несомненна целесообразность применения способа " внутренней" стабилизации, то при толщине более I4мм очевидна необходимость применения способов "внешней" стабилизации положения СВ, заключающихся в использовании внешних по отношению к сварочному контуру сил. При сварке с использованием повышенных скоростей истечения защитного газа наиболее эффективным является подача в полость перед Д дополнительного газового потока, а при сварке на повышенных плотностях тока – предварительное заполнение полости между свариваемыми кромками порошкообразным присадочным материалом (ППМ). С использованием способов "внешней" стабилизации положения СВ были получены односторонние однопроходные швы листов толщиной I6 мм, отличающихся высокой стабильностью размеров по длине стыка.

Глава 5. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НА ПОВЫШЕННЫХ ПЛОТНОСТЯХ ТОКА

При сварке с глубоким проплавлением в условиях производства помимо гидродинамических имеют место и технологические возмущения, такие как: изменение вылета Э, изменение зазора в стыке и т.д. Критерием, определяющим изменение глубины проплавления по длине стыка при действии технологических возмущений, является величина относительных изменений тока в сварочном контуре, равная отношению

изменения величины сварочного тока к величине технологического возмущения. Регрессионным анализом экспериментальных данных установлено, что при возмущениях по вылету Э (ΔL) увеличение относительных изменений сварочного тока приводит к повышению, а при возмущениях по зазору в стыке (Δb_3) - к снижению отклонений глубины проплавления основного металла. Повышение плотности тока в Э вызывает увеличение относительных изменений тока в сварочном контуре, поэтому при равной производительности расплавления электродного металла использование сварки на повышенных плотностях тока (более 200 А/мм^2) целесообразно при отношении $\Delta L/\Delta b_3$ менее 7, а сварки с увеличенным вылетом Э (более 30 мм) - при отношениях $\Delta L/\Delta b_3$ более 7. Для практического применения предназначена номограмма, которая при уровне технологических возмущений, имеющихся в условиях конкретного производства, позволяет определить оптимальную плотность тока в Э и обеспечить минимально возможное для данных условий отклонение глубины проплавления по длине стыка. Расчетное определение режимов сварки, оптимальных при имеющемся уровне гидродинамических и технологических возмущений, позволяет без применения специальных приемов и устройств снизить в I,I - 2,3 раза изменение размеров шва по длине стыка.

Технология односторонней сварки в CO_2 на повышенных плотностях тока позволяет в I,I - 2,9 раза снизить затраты электроэнергии по сравнению со сваркой в CO_2 и под флюсом на обычных режимах. Вследствие возможности применения меньших зазоров в I,5-3 раза по сравнению со сваркой по щелевому зазору снижается расход электродного металла. Уменьшение числа проходов с 2-4 до I при сварке на повышенных плотностях тока листов толщиной 8-I6мм обеспечивает существенное увеличение производительности труда. Предложенная технология сварки не требует специального оборудования и позволяет получать швы, лишенные каких-либо дефектов.

Повышение толщины свариваемых листов при любом способе сварки приводит к необходимости увеличения погонной энергии. Изучение структуры и некоторых механических свойств металла сварных соединений показало, что увеличение погонной энергии более I0 ккал/см приводит к недопустимому снижению механических свойств сварного соединения. Поэтому в случае "внутренней" стабилизации положения СЬ при одностороннем однопроходном способе в CO_2 могут быть сварены лишь листы толщиной до I2мм включительно. Использование "внешней" стабилизации положения СЬ, например: предварительное заполнение полости между свариваемыми кромками ПМ, позволяет

получать в CO_2 качественные односторонние однопроходные швы изделий толщиной до 16 мм включительно. При этом механические свойства металла швов соответствуют требованиям, предъявляемым к сварным соединениям, и близки к механическим свойствам металла швов, выполненных сваркой в CO_2 на обычных режимах.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение глубины проплавления при дуговой сварке в углекислом газе с использованием повышенных скоростей газового потока и повышенных плотностей тока в электроде затрудняется нестабильностью горения дуги и положения сварочной ванны. Получение качественных швов в этом случае возможно при обеспечении переходных процессов в сварочном контуре, исключающих автоколебания длины дуги и прорыв жидкого металла в зазор перед дугой.

2. Расчет температуры нагрева электрода в вылете и анализ влияния параметров сварочного контура на процесс саморегулирования длины дуги показывают, что причиной нестабильного горения дуги на повышенных плотностях тока является не перегрев электрода в вылете, а изменение в электрической цепи с индуктивностью вида переходного процесса с апериодического на колебательный. Увеличение динамического сопротивления дуги или источника питания исключает автоколебания длины дуги при плотностях тока в электроде более 500 А/мм^2.

3. При односторонней однопроходной сварке встык изделий толщиной более 7мм, собранных с зазором или разделкой кромок, на режимах, обеспечивающих устойчивое горение дуги, изменение размеров шва по длине стыка вызывается появлением потока жидкого металла, направленного из хвостовой в головную часть сварочной ванны, и его прорывом в зазор под основанием дуги, т.е. гидродинамическими возмущениями.

4. Стабилизация положения сварочной ванны при действии гидродинамических возмущений может быть осуществлена:

а) при сварке с использованием повышенных плотностей тока в электроде изделий толщиной до 12мм путем выбора параметров режима сварки, которые вызывают возникновение импульсов силы давления дуги, достаточных для исключения прорыва жидкого металла в зазор; и изделий толщиной более 12 мм путем предварительного заполнения зазора или разделки кромок порошкообразным присадочным материалом;

б) при сварке с использованием повышенных скоростей исте-

чения защитного газа за счет подачи в полость перед дугой дополнительного газового потока.

5. Основным недостатком сварки с использованием повышенных скоростей истечения защитного газа является чрезмерная зависимость условий формирования швов от расхода защитного газа, точности сборки стыков, а также точности изготовления и установки горелки, поэтому более перспективным для односторонней однопроходной сварки изделий толщиной до 16 мм представляется применение повышенных плотностей тока в электроде при обычной схеме подачи защитного газа.

6. Повышение плотности тока в электроде при изменении зазора в стыке ведет к уменьшению, а при изменении вылета электрода – к увеличению отклонений глубины проплавления по длине стыка. Поэтому в условиях технологических возмущений при равной производительности расплавления электродного металла повышение плотности тока более 200 А/мм^2 целесообразно при отношении изменения вылета электрода к изменению зазора в стыке менее 7.

7. Разработанная технология сварки в CO_2 на повышенных плотностях тока в электроде обеспечивает получение качественных швов с минимально возможными при имеющихся возмущениях отклонениями их размеров и механическими свойствами, характерными для сварки в CO_2 на обычных режимах.

8. На базе проведенных в работе исследований создана методика выбора параметров режима сварки в CO_2 на повышенных плотностях тока листов углеродистых сталей толщиной до 12 мм. Данная методика прошла проверку в Научно-исследовательском институте технологии машиностроения и рекомендована для включения в отраслевой стандарт.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

1. Акулов А.И., Боженко Б.Л, Чернышов Г.Г., Спицын В.В. Проблемы повышения производительности при сварке в CO_2 с глубоким проплавлением, Тезисы докладов I Всесоюзной научно-технической конференции " Прогрессивные методы сварки в тяжелом машиностроении и наплавки в черной металлургии",г.Жданов,1977,с.76.
2. Акулов А.И., Боженко Б.Л, Чернышов Г.Г. Методика определения диаметра пятна нагрева при другой сварке. Изв. ВУЗов.-Машиностроение, 1977, № 10, с. 127-131.
3. Акулов А.И., Боженко Б.Л., Чернышов Г.Г. Предельные токи при сварке плавящимся электродом. Изв. ВУЗов. Машиностроение,1978, №3,с. 132-137.

4. Акулов А.И., Боженко Б.Л., Чернышов Г.Г. Способ дуговой сварки в защитных газах. Положительное решение по заявке № 2187902/25-27, кл. В23к, 9/16 с приоритетом от 6.II.1975г.
5. Боженко Б.Л., Чернышов Г.Г. Рекомендации по сварке в CO_2 на форсированных режимах, Ростовский-на-Дону НИИТМ, 1977, 21с.