



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40000 (13) C2

(51) 7 B23K9/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ ПУЛЬСУЮЧОЮ ДУГОЮ

(21) 96020714

(22) 26.02.1996

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Походня Ігор Костянтинович, Голошко Віктор Володимирович, Шейко Павло Петрович

(73) Інститут електрозварювання ім.Є.О.Патона Національної академії наук України

(56) DE, патент №3936993, МПК B23K9/18, 9/09, 31/00, 33/00, 1990

(57) Способ сварки под флюсом пульсирующей дугой, включающий периодические импульсные изменения режимов от одного заранее заданного сочетания параметров до другого заранее заданного сочетания параметров, **отличающийся** тем, что отношение частоты указанных периодических импульсных изменений режимов сварки к частоте собственных колебаний металла сварочной ванны выбирают в пределах от 0,75 до 1,15.

Изобретение относится к технологии сварки, а точнее - к технологии электродуговой сварки под флюсом.

Известен способ сварки под флюсом с наложением импульсов низкой частоты (в пределах 0,1...2,0 Гц) на ток сварочной дуги по патенту ФРГ (DE) N 3936993 МКИ 5B23K9/18, 9/09, 31/00, 33/00, заявка N 39369933, заявленному 7.11.88, опубликованному 10.05.90 и выбранному нами в качестве прототипа. В соответствии с данным способом, производят управляемую периодическую смену выбранных определенным образом верхних (пиковых) значений тока сварки и напряжения на дуге на выбранный определенным образом нижний (базовый) уровень значений тока и напряжения при произвольной форме импульса и длительности импульса в пределах 20...100% от общей длительности периода колебания. При этом базовый и пиковый режимы сварки выбирают таким образом, чтобы во время горения дуги на базовом режиме начинался процесс кристаллизации металла шва, а в столбе дуги поддерживалась минимальная величина давления паров и степень ионизации плазмы, необходимые для прохождения импульса тока. За время горения дуги на пиковом режиме должно происходить оплавление присадочного металла и расплавление основного металла, которые обеспечивают формирование сварного шва заданной формы. Как видно из описания, основная цель этого способа - обеспечить дискретность процессов плавления присадочного и основного металлов и кристаллизации металла сварочной ванны, имея ввиду, что повышение скорости кристаллизации, которая в этом случае протекает, преимущественно, в период горения

сварочной дуги на базовом режиме, позволит формировать более мелкодисперсную структуру в металле шва, а плавление основного и присадочного металлов, которое происходит, в основном, при горении дуги на пиковом режиме, восстановит объем расплавленного металла в сварочной ванне. Снижение погонной энергии процесса, по сравнению со сваркой на постоянном токе, способствует повышению вязкости ЗТВ сварного соединения.

Основным недостатком данного способа сварки является то, что выбор параметров процесса производят, исходя из условий кристаллизации металла шва и распределения теплового потока в ЗТВ, однако при этом совершенно не учитывают наличие колебаний сварочной ванны, вызванное импульсным характером воздействия дуги на ванну расплавленного металла. В результате способ сварки, описанный в прототипе, позволяет решить только одну задачу из тех, которые обычно ставятся перед высокопроизводительными способами сварки, - изменение условий формирования структуры в зоне кристаллизации металла шва и в ЗТВ сварного соединения. Решить вторую основную задачу - увеличение глубины проплавления основного металла без заметного увеличения погонной энергии сварки, улучшение служебных свойств металла швов - этот способ не позволяет, что значительно сокращает область его использования.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа сварки под флюсом пульсирующей дугой путем периодического программируемого изменения режимов сварки от базового до пикового, частота которого определяет-

(19) UA (11) 40000 (13) C2

ся в зависимости от характеристик ванны расплавленного сварочной дугой металла, что приводит к увеличению глубины проплавления основного металла без увеличения погонной энергии сварки, улучшению служебных свойств металла шва и ЗТВ сварного соединения, повышению производительности процесса, снижению расхода электроэнергии, свариваемого металла, сварочных материалов и трудовых затрат на единицу продукции, улучшению условий труда сварщиков.

Поставленная задача решается тем, что отношение частоты периодических импульсных изменений режимов сварки от одного, заранее заданного, сочетания параметров до другого, заранее заданного, сочетания параметров к частоте собственных колебаний металла сварочной ванны выбирают в пределах от 0,75 до 1,15.

Пульсация сварочного тока при сварке под флюсом вызывает появление волн на поверхности сварочной ванны, образующихся под действием пульсации пондемоторных сил в металле ванны, тангенциальной составляющей реактивного давления паров, исходящих с поверхности расплавленного металла, ванны и газовых потоков в столбе дуги. Увеличение длины дуги, вызванное протеканием через нее тока импульса, способствует увеличению пондемоторных сил, снижению тангенциальной составляющей и увеличению осевой составляющей давления дуги. В результате снижается интенсивность переноса расплавленного металла вдоль поверхности сварочной ванны и увеличивается массоперенос в направлении соосном со столбом дуги.

Исходя из того, что направление потоков расплавленного металла связано с колебаниями сварочной ванны, можно предположить, что максимальный эффект будет достигнут в случае совпадения частот наведенных импульсов с частотой собственных колебаний сварочной ванны. В этом случае амплитуда колебаний расплавленного металла будет максимальной. При этом толщина прослойки жидкого металла под дугой периодически будет принимать более низкие значения по сравнению со сваркой стационарной дугой на базовом режиме, что должно способствовать повышению эффективности использования энергии сварочной дуги для проплавления основного металла. В тех случаях, когда частота наведенных колебаний заметно отличается от частоты собственных колебаний металла сварочной ванны, использование технологии сварки пульсирующей дугой не приведет к увеличению глубины проплавления основного металла по сравнению со сваркой стационарной дугой с такой же погонной энергией. В результате исследования влияния режимов сварки под флюсом пульсирующей дугой на глубину проплавления основного металла нами было установлено, что изменение отношения частоты наведенных колебаний (f_n) к частоте собственных колебаний сварочной ванны (f_c) сказывается на изменении глубины проплавления.

В ходе данных экспериментов с использованием предлагаемого способа выполняли сварку под флюсом на постоянном токе обратной полярности с периодическим изменением режима сварки от одного, заранее заданного, уровня до другого, заранее заданного, уровня. В качестве элек-

тродной использовали сварочную проволоку Св-10Г2 диаметром 4 мм, исходя из геометрических размеров сварных швов, полученных при сварке стационарной дугой, определяли площадь поверхности сварочной ванны и ее массу. Частоту собственных колебаний сварочной ванны рассчитывали, используя модель натянутой мембраны.

Сварку стыковых соединений стали 10ХСНД толщиной 16 мм, собранных без разделки кромок с зазором 5 мм, выполняли при скорости сварки 15 м/ч на следующих режимах:

Базовый режим: $I_b - (360...370)$ А, $U_b - (33...34)$ В; Пиковый режим: $I_n - (790...810)$ А, $U_n - (39...40)$ В, где: I_b и I_n - сварочный ток в базовом и пиковом режиме соответственно, U_b и U_n - напряжение на дуге при сварке на базовом и пиковом режиме, соответственно.

Частоту налагаемых импульсов изменяли в пределах $f_n - (0,5...10)$ Гц. Скажность импульсов (отношение длительности импульса к длительности цикла) составляла $C - t_n/t_c - 0,45...0,55$. Погонная энергия сварки $Q_{св} - (50...55)$ кДж/см. Путем расчета была определена частота собственных колебаний сварочной ванны (f_c), которая в данном случае составляла 5 Гц.

Для сопоставления часть стыковых соединений, собранных с указанными выше сборочными размерами, была сварена стационарной дугой на постоянном токе обратной полярности при следующем режиме сварки: $I_{св} - (670...690)$ А, $U_d - (32...33)$ В, $V_{св} - (15...17)$ м/ч, где $I_{св}$, U_d , $V_{св}$ - сварочный ток, напряжение на дуге и скорость сварки, соответственно. Погонная энергия для этого режима сварки составляла $Q_{св} - (51...53)$ кДж/см.

Глубину проплавления основного металла (Н) определяли путем замеров на поперечных шлифах сварных соединений. Результаты измерений и расчетов для некоторых вариантов режимов сварки приведены в табл. 1.

При сварке стационарной дугой глубина проплавления составляла 12,5 мм. Из сопоставления этой величины с данными табл. 1 видно, что при сварке на режимах, приведенных в примерах № 5, 6 и 7, глубина проплавления стыкового соединения больше, чем при сварке стационарной дугой, несмотря на равный уровень погонной энергии процесса. Компьютерный анализ всего массива экспериментальных данных показал, что зависимость между величиной f_n/f_c и глубиной проплавления основного металла имеет экспоненциальный характер, поэтому можно выделить некоторую область значений f_n/f_c , где влияние этого отношения на глубину проплавления наиболее заметно. Как видно из приведенных в табл. 1 данных, снижение величины f_n/f_c ниже уровня 0,75 приводит к уменьшению глубины проплавления (примеры № 1-4), а сварка на режимах, для которых $f_n/f_c > 1,15$, не только не приводит к увеличению глубины проплавления, но вызывает даже некоторое уменьшение этой величины до уровня, характерного для сварки стационарной дугой.

Следовательно, предлагаемый способ сварки позволяет увеличить глубину проплавления основного металла по сравнению со сваркой стационарной дугой без увеличения погонной энергии процесса, т.е. решить первую из двух основных

задач, стоящих перед высокопроизводительными способами сварки под флюсом.

Предлагаемый способ позволяет решить и вторую задачу - снижение негативного влияния высокого уровня погонной энергии сварки на служебные свойства сварного соединения. Данные, подтверждающие этот вывод, приведены в табл. 2. В качестве характеристики для оценки служебных свойств различных участков сварных соединений был выбран показатель ударной вязкости при температуре испытаний -20°C . Образцы для испытаний отбирались из стыковых соединений, собранных по указанной ранее технологии и сваренных на режимах, приведенных в табл. 1. Отличие по глубине проплавления основного металла, характерное для различных режимов сварки, компенсировали за счет изменения скорости сварки. При этом изменялась погонная энергия процесса, но глубина проплавления оставалась постоянной (14,5...15,2 мм). Результаты подсчета величины погонной энергии приведены в табл. 2.

Испытания проводили на образцах тип IX по ГОСТ 6996-66. Надрез на образцах наносили таким образом, чтобы он находился либо по центру шва, либо на линии сплавления шва с основным металлом, либо в ЗТВ сварного соединения (в зоне крупного зерна). В табл. 2 приведены минимальные и максимальные значения ударной вязкости, из тех, которые были получены в ходе испытаний образцов.

Результаты экспериментальной проверки свидетельствуют, что при соотношении f_H/f_C в предлагаемых пределах можно достичь достаточной глубины проплавления для формирования одностороннего однопроходного шва при относительно низком уровне погонной энергии сварки (примеры № 5-7, табл. 2). В этих случаях сварные соединения характеризуются достаточно высоким уровнем ударной вязкости ($KCV > 35$ Дж/см) в трех наиболее критических зонах - по центру шва, по линии сплавления шва с основным металлом и по зоне крупного зерна в ЗТВ сварного соединения. От-

клонение от заявляемого соотношения в одну или другую сторону (примеры № 1-4 и 8-9) вызывает снижение глубины проплавления, для компенсации которого необходимо увеличить величину погонной энергии процесса (см. табл. 2). Увеличение погонной энергии сварки отрицательно влияет на уровень ударной вязкости сварного соединения. Особенно заметно это проявляется в ЗТВ сварного соединения, где ударная вязкость снижается до уровня (29...35) Дж/см (примеры № 4 и 8, табл. 2) и ниже (сварка стационарной дугой), что является недопустимым с точки зрения критического уровня ударной вязкости ($KCV_{кр.} - 35$ Дж/см).

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что предлагаемый способ сварки позволяет улучшить свойства металла шва и ЗТВ сварных соединений по сравнению со сваркой стационарной дугой, и увеличить при этом показатели производительности процесса, характерные для этого способа сварки.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что предлагаемый способ сварки обладает новизной технического решения и полезностью. Новизна заключается в том, что частоту наведенных импульсов изменения режима сварки выбирают таким образом, чтобы она была достаточно близкой к частоте собственных колебаний сварочной ванны. Полезность заключается в том, что предлагаемый способ позволяет выполнять сварку на меньшей погонной энергии при сохранении заданной глубины проплавления, что позволяет экономить электроэнергию и трудозатраты на изготовление сварных конструкций, облегчить условия труда сварщиков, повысить коэффициент использования металла.

Вполне очевидно, что приведенные примеры осуществления предлагаемого способа сварки являются только отдельными вариантами реализации изобретения. Возможны и другие варианты, которые не выходят за пределы, установленные формулой изобретения.

Таблица 1

Наименование параметра	Варианты режимов сварки пульсирующей дугой								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f_C , Гц	5	5	5	5	5	5	5	5	5
f_H , Гц	0,5	0,75	0,1	2,5	3,75	5,0	5,75	7,0	10
f_H/f_C	0,1	0,15	0,2	0,5	0,75	1,00	1,15	1,4	2,00
H, мм	10,3	11,5	12,0	12,7	14,0	16,0	14,7	12,8	12,6

Таблица 2

Вариант режима сварки	Ударная вязкость (KCV), Дж/см при -20°C			$Q_{св}$, кДж/см
	по оси шва	по линии сплав.	по ЗТВ	
Стац-ная дуга	74/102	37/56	25/38	52
Пример № 4	81/107	44/52	29/41	57
Пример № 5	88/112	49/57	47/59	54
Пример № 6	96/118	42/61	53/69	52
Пример № 7	33/115	45/58	45/46	53
Пример № 8	86/105	40/52	35/46	57

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
