

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАБИЛИЗАЦИИ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ СВАРКЕ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

А. Ф. ШАТАН, А. А. АНДРИАНОВ, инженеры, В. Н. СИДОРЕЦ, А. М. ЖЕРНОСЕКОВ, кандидаты техн. наук
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Исследована эффективность оптимизированных режимов стабилизации горения дуги переменного тока. Показано, что при ручной дуговой сварке стали типа 18-10 переменным током достигаются свойства сварных соединений, подобные таковым при сварке на постоянном токе.

Ключевые слова: коррозионностойкая сталь, дуговая сварка, переменный сварочный ток, стабилизаторы горения дуги, микроструктура, коррозия

Несмотря на успехи, достигнутые в последние десятилетия в областях разработки и промышленного применения источников питания сварочной дуги (инверторного оборудования, цифровых систем управления с регулированием формы кривой сварочного тока), сварка дугой переменного тока промышленной частоты остается достаточно распространенной и актуальной [1, 2]. Исследования этого способа сварки можно поставить в один ряд с продолжающимися в настоящее время работами по сварке в углекислом газе, благодаря которой получают достаточно качественные сварные соединения несмотря на широкое использование многокомпонентных газовых смесей.

Применение стабилизаторов горения дуги при сварке переменным током позволяет снизить напряжение холостого хода трансформатора и уменьшить расход электротехнических материалов [1, 3]. Пока не существует единого мнения о параметрах стабилизирующего импульса таких, как энергия импульса, времени его подачи (инжектирования) относительно момента перехода сварочного тока через нуль и его полярности. Авторам работы [4] удалось сформулировать и решить эту задачу. При этом критерием оптимизации было минимальное напряжение холостого хода источника питания, при котором дуга еще горит, а варьируемым параметром служила разность фаз между сварочным током и стабилизирующим импульсом. Описание сварочной дуги переменного тока осуществлялось с помощью разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона обобщенной математической модели динамической дуги.

В работе [4] определена зависимость минимального напряжения холостого хода сварочного трансформатора, при котором горит дуга, от разности фаз между сварочным током и стабилизирующим импульсом (рис. 1). Из полученных

кривых следует, что зависимость напряжения имеет ярко выраженные минимумы, а значит задача оптимизации разрешима. Более того, подтверждается тот факт, что применение стабилизирующих импульсов, полярность которых противоположна полярности тока дуги, предпочтительнее, поскольку кривая минимального напряжения холостого хода $U_{x,x \min}$ в этом случае находится ниже, чем при использовании импульсов с положительной полярностью. В работе [4] дано объяснение этого факта: стабилизирующий импульс, направленный противоположно сварочному току, не препятствует работе основного источника питания и способствует тому, что после окончания стабилизирующего импульса основной источник питания дуги работает как стабилизирующее устройство.

Целью настоящей работы являются экспериментальные исследования эффективности стабилизации горения дуги переменного тока при ручной дуговой сварке коррозионностойких сталей.

Ручную дуговую сварку на переменном токе осуществляли с использованием сварочного трансформатора.

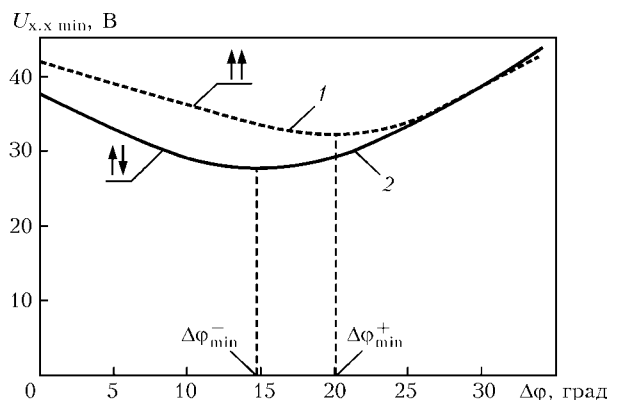


Рис. 1. Зависимость минимального напряжения холостого хода сварочного трансформатора, при котором горит дуга, от разности фаз между сварочным током и стабилизирующим импульсом: 1 — полярность стабилизирующего импульса совпадает с полярностью сварочного тока; 2 — противоположная полярность

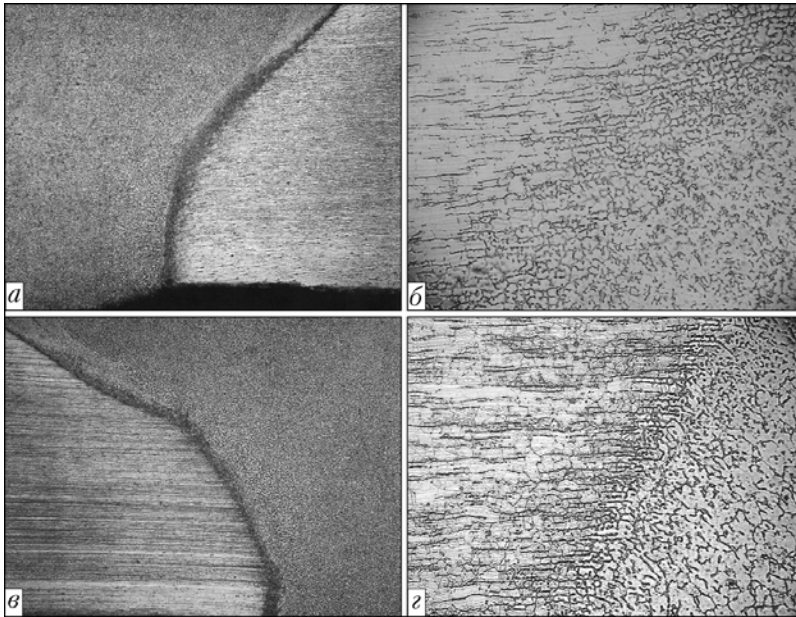


Рис. 2. Макро- (а, в, $\times 25$, уменьш. 3,5 раза) и микроструктура (б, г, $\times 200$, уменьш. 3,5 раза) участков сварных соединений, полученных на постоянном (а, б) и переменном токе с ОСГД (в, г)

сформатора с пониженным напряжением холостого хода и оптимизированного стабилизатора горения дуги (ОСГД). Для сравнения выполняли наплавку и сварку на постоянном токе от выпрямителя типа ВД-306. При этом применяли коррозионностойкую сталь марки 12Х18Н10Т толщиной 4 мм и электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Как известно [5], электроды этой марки предназначены для сварки на постоянном токе обратной полярности. Для проверки стабильности горения дуги на переменном токе выполняли наплавки на пластину из указанной стали. Применение ОСГД позволяет осуществлять процесс сварки на переменном токе без обрыва дуги с минимальным разбрызгиванием.

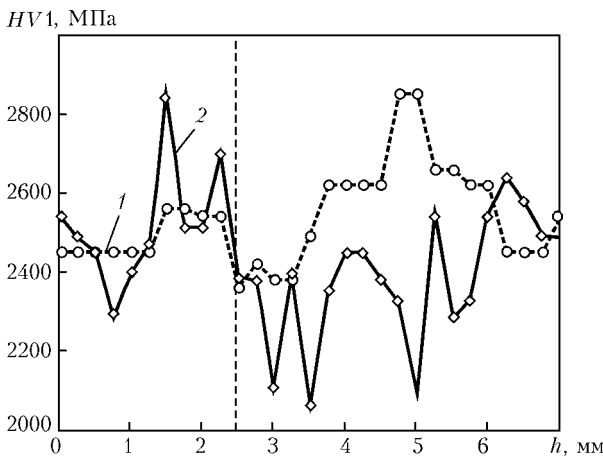


Рис. 3. Распределение микротвердости в сварном соединении, полученном на постоянном (1) и переменном токе с применением ОСГД (2): штриховая — линия сплавления; h — расстояние от центра шва

Для исследования качества металла сварных соединений высококвалифицированным сварщиком была выполнена сварка стыковых соединений в один проход с зазором 1,5 мм без разделки кромок на постоянном токе (образец № 1, среднее значение сварочного тока $I_{\text{ср}} = 85 \dots 90$ А) и на переменном токе с ОСГД (образец № 2, действующее значение сварочного тока $I_{\text{д}} = 95 \dots 97$ А). Химический состав металла шва следующий, мас. %: образец № 1 — 0,082 С; 0,75 Si; 1,0 Mn; 18,6 Cr; 9,5 Ni; 0,20 Ti; 0,3 Cu; образец № 2 — 0,082 С; 0,75 Si; 1,0 Mn; 18,9 Cr; 9,6 Ni; 0,19 Ti; 0,3 Cu.

Металлографические исследования сварных соединений проводили на микроскопе «Neophot-32» при различных увеличениях. Цифровое

изображение микроструктур получено с помощью фотокамеры «Olympus». Наличие δ -феррита определяли на ферритометре «Ferritgehaltmesser-1053».

Структура металла шва образцов № 1 и 2 была практически одинаковой и представляла собой литой аустенит с небольшим количеством δ -феррита (1,5...2,5 об. % в образце № 1 и 1,5...1,7 об. % в образце № 2). В металле обоих швов выявлены карбонитриды (желто-розовые включения правильной геометрической формы).

По линии сплавления и в зоне термического влияния (ЗТВ) трещин и других дефектов обнаружено не было. Для металла ЗТВ обоих образцов характерно наличие аустенитной структуры с выделением δ -феррита вдоль проката в виде тонких прослоек (рис. 2). Размер зерна аустенита на участке крупного зерна в металле ЗТВ образцов № 1 и 2 соответствует баллу 5...6 (по ГОСТ 5639-82). Структура участка мелкого зерна этих образцов представляет собой зернистую аустенитную структуру (балл зерна 7...8) с выделениями δ -феррита вдоль проката. Структура основного металла образцов № 1 и 2 идентична и представляет собой мелкозернистую аустенитную структуру с баллом зерна 10...11 (по ГОСТ 5639-82), имеющую выделения тонких прослоек δ -феррита вдоль проката и карбонитридов (рис. 2).

Измерение микротвердости осуществляли на микротвердомере М-400 фирмы «Лесо». На рис. 3 представлены результаты измерения микротвердости сварных соединений (со середины шва) с шагом 0,25 мм. Как видно из рис. 3, изменения значений микротвердости металла сварного соединения, полученного на переменном токе с



Механические свойства стыковых сварных соединений

Сварочный ток	σ_b , МПа	KCV, Дж/см ²
Постоянный	$\frac{603,3...651,1}{634,3}$	$\frac{96,8...124,1}{107}$
Переменный с применением ОСГД	$\frac{594,5...600,1}{595,8}$	$\frac{95,8...126,5}{112,4}$

применением ОСГД более значительны, чем на постоянном токе, однако они не выходят за допустимые пределы при сварке с использованием электродов указанной марки.

В таблице представлены результаты механических испытаний сварных стыковых соединений образцов при температуре 20 °С (по 3 образца для каждого вида испытаний). Как видно из таблицы, временное сопротивление разрыву σ_b сварного соединения стали 12Х18Н10Т, полученного на постоянном токе, немного выше, а ударная вязкость KCV ниже, чем в случае переменного тока с применением ОСГД.

Проведены также исследования на склонность питтинговой коррозии в 10%-м растворе FeCl₃·6H₂O при 20 °С (ГОСТ 9.912–89) образцов размером 20×80 мм, вырезанных из стыковых соединений со снятием усиления. Исходя из значений условной скорости питтинговой коррозии можно сделать вывод, что испытанные образцы мало отличаются от сварных соединений, полу-

ченных с использованием электродов ОЗЛ-8 на постоянном токе.

Таким образом, разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона математическая модель сварочной дуги позволяет оптимизировать параметры стабилизирующего импульса, применяемого при сварке на переменном токе, по электротехническим и массогабаритным критериям. Использование оптимизированных режимов стабилизации горения дуги при ручной дуговой сварке коррозионноустойчивых сталей на переменном токе способствует получению сварных соединений с такими же высокими показателями качества, как и при сварке на постоянном токе. Положительное решение задачи оптимизации для ручной дуговой сварки делает перспективным применение подобных подходов для оптимизации также других дуговых сварочных процессов.

1. *Снижение материалоемкости источников питания и потребления электроэнергии при сварке* / Б. Е. Патон, И. И. Заруба, В. В. Дыменко, А. Ф. Шатан // Автомат. сварка. — 2006. — № 10. — С. 20–29.
2. *Разработка высокоэффективных способов дуговой сварки и их применение* / Н. Кидзи, К. Кобаяси, Д. Исии, Х. Ямаока // Там же. — 2003. — № 10. — С. 46–51.
3. *Заруба И. И., Дыменко В. В., Болотко В. И.* Сварочные трансформаторы с устройствами стабилизации горения дуги // Там же. — 1989. — № 10. — С. 46–51.
4. *Андрианов А. А., Сидорец В. Н.* Оптимизация режимов стабилизации сварочной дуги переменного тока // Электротехника і електромеханіка. — 2009. — № 2. — С. 5–12.
5. *Сварочные материалы для сварки сталей и чугуна* (Электроды, флюсы, проволоки): Справ. / Под ред. В. Н. Горпенюка. — Киев: Науч. книга, 1994. — 622 с.

Effectiveness of optimized modes of stabilization of a.c. arc burning was studied. It is shown that in manual arc welding of 18-10 type steel the welded joint properties, similar to those in d.c. welding, are achieved.

Поступила в редакцию 31.10.2008