

УДК 621.791.754.03

Гринюк А. А.^{1,3}, Коржик В. Н.^{1,2}, Бабич А. А.¹, Ткачук В. И.¹, Пелешенко С. И.¹

¹Институт электросварки имени Е. О. Патона НАН Украины. Украина, г. Киев

²Гуандунский Институт сварки (Китайско-украинский Институт сварки имени Е. О. Патона), КНР

³Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского». Украина, г. Киев

УНИФИЦИРОВАННЫЙ ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ СВАРКИ СЖАТОЙ ДУГОЙ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Представлены основные преимущества использования энергии сжатой дуги неплавящегося электрода для получения неразъемных соединений алюминиевых сплавов. Проанализировано основные требования, которые выдвигает производитель к плазмотронам, работающим в диапазонах сварочного тока от 50 до 400 А. Установлено, что на данный момент плазмотроны условно разбивают на два диапазона по току: от 50 до 200 А и от 250 до 400 А. Такое деление с экономической точки зрения не подходит для исследовательских лабораторий, которые хотят оптимизировать свою исследовательскую базу и получить универсальный инструмент для работы с сжатой дугой.

В статье представлена концепция создания универсального инструмента для сварки и родственных процессов с использованием энергии сжатой дуги. Данная конструкция позволяет выполнять сварку как в режиме «сжатой дуги», так и в режиме «мягкая плазма» с использованием присадочно-го материала в виде проволоки. Данный плазмотрон путем замены защитного и плазмообразующего сопла превращается в инструмент для сварки и наплавки с использованием металлических порошков. Также универсальный плазмотрон служит основой для создания инструмента для комбинированной сварки сжатой дугой неплавящегося электрода и дугой плавящегося электрода.

Ключевые слова: плазменная сварка; универсальный плазмотрон; сопло для подачи металлического порошка; сжатая дуга; мягкая плазма; комбинированные способы сварки; алюминиевые сплавы.

Внедрение новых конструкционных сплавов выдвигает новые требования к обеспечению прочности, долговечности и снижению себестоимости получения сварных конструкций. В частности для сварки алюминиевых сплавов широко распространена аргодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом. При этом данным способом сварки присущи ряд недостатков, а именно: низкая проникающая способность дуги в расплавленный металл, как следствие малая скорость сварки, протяженная зона разупрочнения основного металла под воздействием тепла дуги и неэффективное разрушение включений оксидной пленки в донной части сварочной ванны.

Дальнейшим усовершенствованием способа сварки является обжатие дуги неплавящегося электрода потоком инертного газа, выдуваемого с разной скоростью через сопло диаметром от 1,5 до 6,0 мм. Данное обжатие позволяет уменьшить условия свободного расширения сварочной дуги, тем самым уменьшить диаметр пятна нагрева, повысить плотность энергии в пятне нагрева, увеличить глубину погружения дуги в расплавленный металл, что способствует повышению глубины проплавления или увеличения скорости сварки, а также ширины шва при равных значениях тока, по сравнению с традиционной сваркой неплавящимся электродом свободно расширяющейся дугой (рис. 1).

Большая глубина погружения сжатой дуги в расплав сварочной ванны обеспечивает благоприятные условия для разрушения включений оксидной пленки.

На данный момент на рынке сварочного оборудования предоставлены сварочные плазматроны, предназначенные для работы на постоянном токе

прямой полярности или разнополярном асимметричном токе с максимальной токовой нагрузкой до 500 А. При этом плазматроны имеют четко выраженную специализированную направленность, а именно диапазон по мощности, а так же по типу применяемого присадочного материала (проволока или порошок). В зависимости от мощности, а так же бренда стоимость плазматроном может изменяться от 2 до 8 тыс. дол. США.

При этом время непрерывной работы плазматрона обуславливается стойкостью плазмообразующих сопел, керамических изоляторов и уплотнителей. Стоимость расходных материалов также варьируется от 10 до 100 дол. США. При этом в зависимости от максимальной мощности плазматрона фирмой изготовителем выбирается и номенклатура диаметров отверстий в плазмообразующих соплах. Так для плазматронов с максимальной токовой нагрузкой до 350 А при ПВ 100% минимальный диаметр отверстия в плазмообразующем сопле составляет 3,2 мм, что обеспечит нормальное горение сжатой дуги в диапазоне 200 – 220 А. При меньших значениях тока степень обжатия дуги будет менее эффективным.

В связи с этим для исследовательских лабораторий будет возникать вопрос приобретения нескольких плазматронов для обеспечения проведения исследований в широких диапазонах токов (т.е. возможность исследования условий свариваемости алюминиевых сплавов в диапазоне толщин от 0,8 до 12 мм).

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана модель унифицированного сварочного плазматрона, который обеспечивает эффективное горение сжатой дуги постоянного тока прямой полярности или разнополярного асимметричного тока в диапазоне от 80 до 350 А (рис. 2).

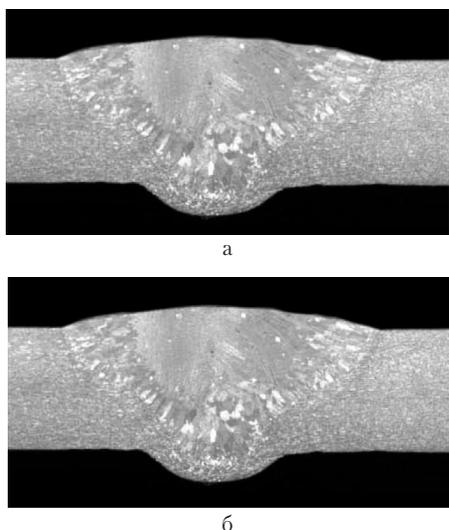


Рис. 1. Сварные соединения листов толщиной 6,0 мм сплава АМг6, полученных свободно расширяющейся дугой (а) при скорости сварки 20 см/мин и сжатой дугой (б) при скорости сварки 40 см/мин



Рис. 2. Унифицированный сварочный плазматрон ПД-174М2 (ИЭС), обеспечивающий сварку в диапазоне от 80 до 350 А при ПВ 100%

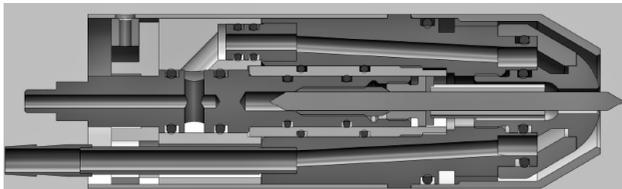


Рис. 3. Схема плазматрона ПД-174М2 с соплом для реализации процесса «мягкая плазма» и вольфрамовым электродом диаметром 4,8 мм

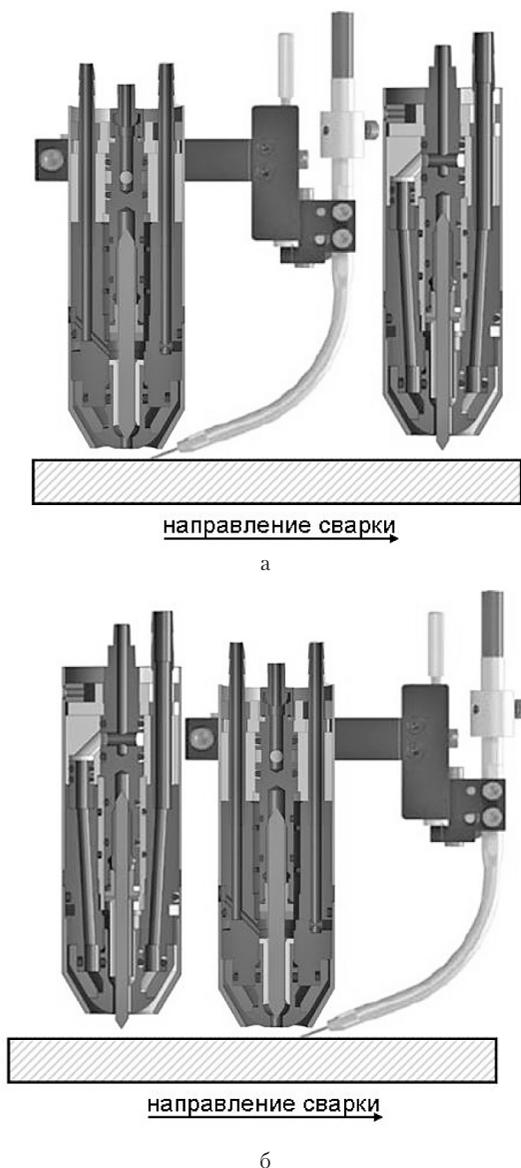


Рис. 4. Размещение плазматрона с соплом для «мягкой плазмы» для предварительного подогрева и очистки (а) и устранения подрезов (б)

Данный плазматрон имеет номенклатуру сменных плазмобразующих сопел с диаметрами отверстий от 2,0 до 4,5 мм с шагом 0,5 мм. Для сварки сплавов с повышенной текучестью жидкого металла в комплект плазматрона входят плазмобразующие сопла с 2-мя или 4-мя дополнительными отверстиями диаметром 1,0 мм. Задача дополнительных отвер-

стий уменьшить чрезмерное давление газа по оси плазмобразующего сопла и обеспечить дополнительное вытягивание сжатой дуги по оси шва.

Для эффективной работы в заявленном диапазоне токов предусмотрена возможность использования вольфрамовых электродов диаметром от 3,2 до 6,0 мм. Это достигается путем замены цанги и шайбы-токоподвода электродного узла, а также керамического изолятора-центратора. Изолятор-центратор изготовлен из термостойкой керамики, разработки Института проблем материаловедения НАН Украины, которая легко поддается механической обработке путем.

Для сварки тонколистовых конструкций, выполнения заполняющих проходов при многопроходной плазменной сварке, а так же для выполнения наплавочных работ применительно к 3D печати в конструкции плазматрона ПД-174М2 предусмотрено наличие специализированного сопла для процесса «мягкая плазма» (рис. 3).

Особенностью процесса «мягкая плазма» является то, что вольфрамовый электрод выступает за обжимающее сопло и диаметр отверстия в сопле превышает диаметр электрода. По сравнению с обычной сваркой свободно расширяющейся дугой процесс «мягкая плазма» позволяет увеличить на 50 % глубину проплавления при тех же значениях сварочного тока. Данный процесс также эффективно можно использовать для предварительного подогрева и очистки поверхности, а также для устранения подрезов при скоростной плазменной сварке (рис. 4).

Так же предусмотрено использование специализированного сопла для «мягкой плазмы» для работы в зазоре шириной до 14 мм при комбинированной многоэлектродной сварке «мягкой плазмой» и плавящимся электродом.

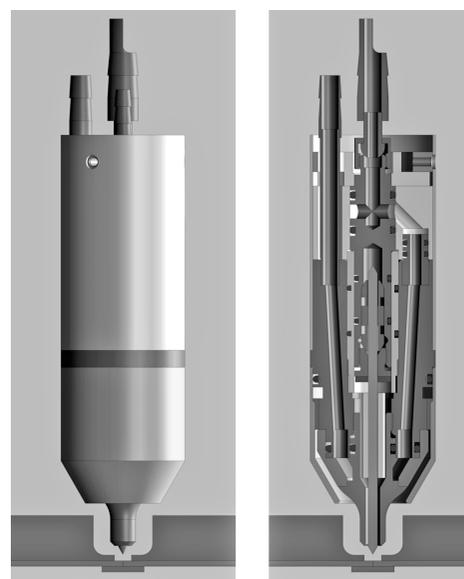


Рис. 5. Плазматрон с соплом для «мягкой плазмы» для сварки в зазоре шириной до 14 мм и толщиной листов до 14 мм



Рис. 6. Моноблок для комбинированной сварки сжатой дугой и дугой плавящегося электрода

На базе плазмотрона ПД-174М2 разработан моноблок для комбинированной сварки сжатой дугой и дугой плавящегося электрода.

Разработанный плазмотрон ПД-174М2 может эффективно использоваться как в исследователь-

ских лабораториях, так и на производстве. Данный плазматрон так же может быть использован для создания инструмента для 3D принтера.

Примечание: Работа выполнялась при поддержке Программы иностранных экспертов КНР №.WQ20124400119 (Chinese Program of Foreign Experts No.WQ20124400119), Программы инновационной группы провинции Гуандун, КНР № 201101C0104901263 (Guangdong Innovative Research Team Program No.201101C0104901263, China), проекта Гуандунской ключевой лаборатории современной технологии сварки № 2012A061400011, КНР (Project of Guangdong Provincial Key Laboratory No. 2012A061400011, China).

Grynyuk A. A.^{1,3}, Korzhyk V. N.^{1, 2}, Babych A. A.¹, Tkachuk. V. I.¹, Peleshenko S. I.¹

¹ E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Science of Ukraine. Ukraine, Kiev

² Guangdong Welding Institute (China-Ukraine E. O. Paton Institute of Welding), China

³ National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Ukraine, Kiev

EQUIPMENT FOR PLASMA HYBRID WELDING OF CONSUMABLE ELECTRODE

The major advantages of using energy of the constricted arc non-consumable electrode for obtaining permanent joints of aluminum alloys. The basic requirements for manufacturer to the plasma torch employed in the welding current ranges from 50 to 400 A. it is Established that at the moment the torches are conventionally divided into two ranges for current: from 50 to 200 and from 250 to 400 A. This division from the economic point of view, not suitable for the research labs who want to improve their research base and get a universal tool to work with constricted arc.

The article presents the concept of creating a universal tool for welding and related processes using energy of the constricted arc. This design allows performing welding as in the "compressed arc" and in the "soft plasma" using the filler material in the form of wire. The torch by replacing the protective nozzle and the plasma turns into a tool for welding and surfacing using metal powders. Universal plasma torch is the basis for creating a tool for the combined constricted welding arc with a consumable electrode and arc melting the electrode.

Keywords: plasma welding; universal plasma torch; nozzle for supplying metallic powder; constricted arc; soft plasma; combination welding; aluminum alloys.