

Ю.В. Казаков, доктор технических наук, профессор,
профессор-консультант кафедры «Оборудование и технология сварочного производства и пайки»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

А.В. Каплин, инженер

Н.А. Костюченко, инженер

С.А. Андреев, инженер

*Государственный научный центр –
Научно-исследовательский институт атомных реакторов, Димитровград (Россия)*

Ключевые слова: сварка под давлением; изделия атомной техники; материаловедческие образцы; ВАХ.

Аннотация: В статье приводятся результаты исследования влияния повышенного давления аргона и гелия на технологические параметры сварочной дуги. Показаны примеры изделий атомной техники с повышенным внутренним давлением. Описан способ заполнения и особенности оборудования для герметизации изделий. Установка представляет собой камеру, в которой располагаются электрод и изделие. Дуга зажигается контактным способом с помощью электромагнита, который поднимает электрод совместно с началом процесса сварки. Особенностью источника питания для сварки является повышенное значение напряжения холостого хода. В ходе эксперимента проводилась сварка на медной пластине в среде гелия до 15 МПа и аргона до 10 МПа. Показано, что с ростом давления гелия на каждый 1 МПа в диапазоне токов 25...50 А напряжение на сварочной дуге возрастает на 1,6...2 В, что оказывает большое влияние на качество сварных швов малогабаритных изделий атомной техники. Показано, что при сварке в среде повышенного давления изменяется коэффициент формы шва. Определена оптимальная конструкция сварных соединений малогабаритных тонкостенных изделий атомной техники с повышенным внутренним давлением. Технологию сварки при повышенном давлении можно применять как при изготовлении изделий из склонных к порообразованию металлов, так и при исправлении дефектов сварного шва. Эксперимент по определению необходимого давления проводился на забракованных торцевых швах из сплава алюминия АД-1. Определено, что повторная сварка изделий из алюминия с браковочными порами при давлении гелия 0,6 МПа и выше устраняет дефекты.

ВВЕДЕНИЕ

Активные зоны исследовательских ядерных реакторов оснащаются широкой номенклатурой изделий: тепловыделяющие элементы, ампулы-накопители, датчики контроля и диагностики экспериментальных облучательных устройств, материаловедческие образцы. Конструкция таких изделий, как правило, ампульного типа и представляет собой тонкостенную оболочку с концевыми элементами, которые герметизируются сваркой [1; 2].

Специфика данных изделий проявляется в обязательном наличии под их оболочкой нормального или избыточного давления инертного газа (аргон, гелий). Это необходимо для различных целей: обеспечения устойчивости оболочки, улучшения теплопередачи в зазоре «стартового» продукта и оболочки, защиты продукта от окисления в результате его разогрева под действием облучения в процессе эксплуатации и облегчения процесса контроля герметичности изделий [2].

В некоторых изделиях требуется создание значительно большего по величине избыточного внутреннего давления инертного газа (16 МПа). Например, в экспериментальных материаловедческих образцах для внутриреакторных испытаний на радиационно-термическую ползучесть и усталостную прочность, которые используются для оценки работоспособности перспективных конструкционных материалов в условиях реакторного облучения. Создание внутреннего давления является одним из эффективных и в некоторых случаях единственно возможным способом задания необходимой нагрузки [3; 4].

Необходимо отметить, что к сварным соединениям изделий активных зон предъявляются высокие требова-

ния по сплошности, герметичности и формированию сварного шва. Соблюдение указанных требований обеспечивает работоспособность изделий при жестких условиях эксплуатации изделий в реакторных установках [5].

Применение способа дуговой сварки неплавящимся электродом при герметизации опытных изделий при повышенном давлении инертного газа, по сравнению с другими известными способами, является наиболее предпочтительным [6; 8]. При данном способе можно использовать несложное и надежное оборудование с выполнением оперативного контроля параметров процесса. Такой способ в случае необходимости легко реализуется при работе в дистанционных условиях радиационно-защитных камер и боксов.

Известно [7–10], что энергетический баланс дуги (напряжение, температура в столбе дуги и т. д.), горячей в атмосфере инертного газа под высоким давлением, сильно изменяется по сравнению с нормальными условиями. Это, в свою очередь, влияет на общее энерговыделение и стабильность горения сварочной дуги, а следовательно, и на качественное формирование сварного шва.

Ранее проводились исследования по изучению возможности сварки при повышенном давлении инертного газа (аргона и гелия) вплоть до 8...10 МПа [8; 10–14]. Однако отмечалось, что реализации данного способа сварки сопутствует ряд проблем: отсутствие стабильности горения дуги во время всего процесса сварки [15; 17] и отсутствие стабильности результата сварки – нужной геометрии сварного шва. Авторами статей [6; 10; 13] при исследовании вольт-амперной характеристики (ВАХ)

дуг, горящих под давлением в среде аргона и гелия при силе тока $I_{св}$ более 50 А, был сделан вывод, что повышение давления приводит к увеличению напряжения на дуге и, как следствие, зависимости общего энерговыделения от установочной длины. Также авторами статей [6; 12] отмечено, что повышение давления газовой среды влияет на сжатие сварочной дуги. В результате за счет сжатия анодного пятна на свариваемой области происходит увеличение выделяемого на изделии количества тепла. Изменение размеров катодного пятна приводит к необходимости проработки конструктивных элементов сварного соединения для обеспечения качественного формирования шва.

Изделия активных зон исследовательских реакторов в основном относятся к малогабаритным [4], и при их изготовлении используются небольшие токи (5...50 А). Отсутствие данных об изменении параметров сварки от давления в этом диапазоне приводит к необходимости исследования ВАХ для разработки технологии сварки.

Цель работы – повышение стабильности качества сварных соединений изделий атомной техники при повышенном (до 16 МПа) давлении инертных газов путем исследования вольт-амперной характеристики дуги и создания технологии сварки.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения экспериментов по изучению ВАХ дуги при повышенном давлении использовалась установка герметизации тонкостенных цилиндрических оболочек (рис. 1), позволяющая проводить сварку стационарной дугой в среде инертных газов и их смесей при давлении до 20 МПа. Изделие (7) помещается в герметичную камеру (1), где заполняется инертным газом требуемого давления, после чего происходит заварка капилляра (6), и давление внутри изделия фиксируется.

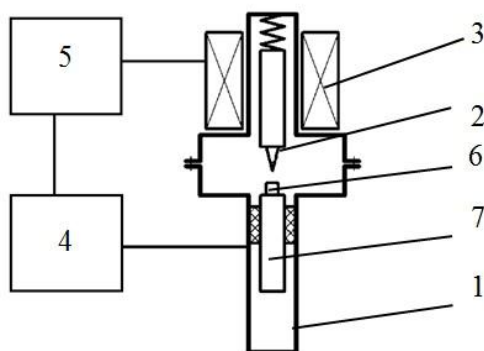


Рис. 1. Принципиальная схема процесса дуговой сварки в среде повышенного давления: 1 – камера; 2 – электрод; 3 – система электромагнитного подъяма электрода; 4 – система создания давления; 5 – источник питания; 6 – капилляр; 7 – изделие

Установка имеет ряд особенностей, обусловленных отличием сварки в газовой среде при повышенном давлении: повышенное напряжение холостого хода сварочного источника тока; специальную конструкцию сварочной камеры, позволяющую создать высокое

внутреннее давление газа и наблюдать за процессом сварки; контактный способ возбуждения дуги; регулировку времени сварки, тока сварки и установочной длины дуги.

Эксперимент по исследованию ВАХ дуги выполняли в среде гелия и аргона высокой чистоты. В качестве анода для изучения характеристик сварочной дуги была изготовлена медная подложка. Выбор материала подложки был обусловлен необходимостью исключения влияния расплавленного металла на ионизацию дугового промежутка. В эксперименте был исследован наиболее практикующим применительно к конструкциям сварных соединений изделий активных зон ядерных реакторов диапазон сварочного тока 5...50 А. В связи с тем что в подавляющем большинстве изделий активных зон используется гелий, ВАХ дуги для него исследовалась шире. Давление гелия изменяли от атмосферного давления до 16 МПа, аргона – от 1 до 10 МПа. Длину дуги при сварке в гелии изменяли от 1 до 4 мм с шагом в 1 мм и от 1 до 2 мм при сварке в аргоне. Во время эксперимента контролировались давление в камере и параметры режима сварки ($I_{св}$, U_d , L_d , $t_{св}$).

Анализ результатов (рис. 2, 3) проведенных экспериментов показал, что повышение давления приводит не только к росту напряжения на дуге, но и к смещению положения отдельных участков ВАХ дуги. Изменение формы ВАХ дуги ярче выражено в среде гелия, что, по видимому, связано не только с высоким потенциалом ионизации атомов гелия, но и с высокой теплопроводностью газа, причем эффект повышения напряжения на дуге максимален при минимальной силе тока.

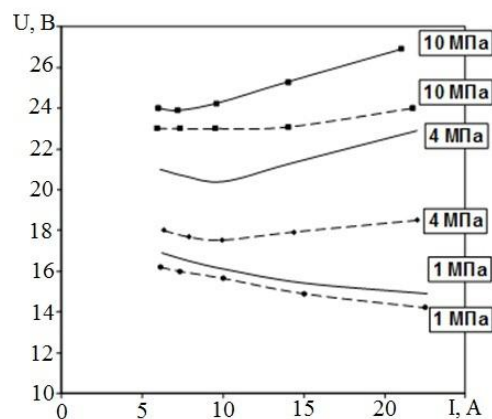


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики дуг, горящих в аргонепод различным давлением при длине дуги 1 мм (---) и 2 мм (—)

При силе тока 5–50 А характерны участки практически постоянного напряжения. Диапазон силы тока, соответствующий этим участкам, будет оптимальным для проведения сварки изделий. Дуговой промежуток желательно устанавливать минимальным (1–2 мм) для расширения пределов регулирования режимов сварки. Повышение энерговыделения дуги следует учитывать при расчете параметров сварки в среде повышенного давления и вносить соответствующую корректировку в полную тепловую мощность дуги.

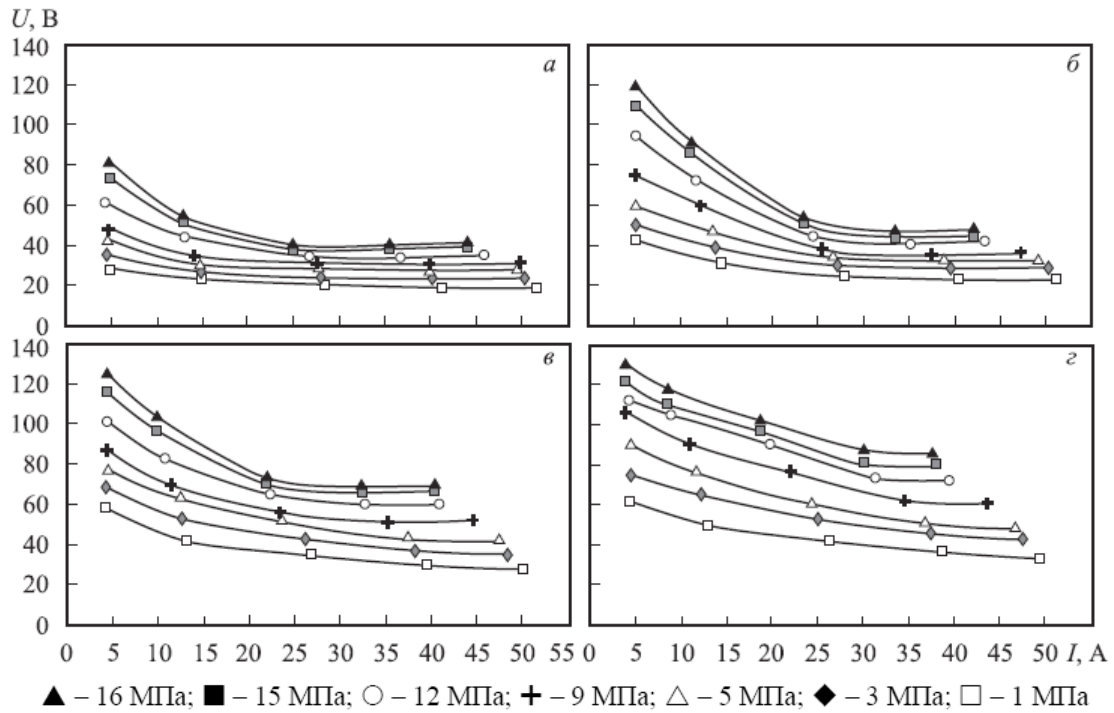


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики дуг, горящих в гелии под различным давлением при длине дуги 1 мм (а), 2 мм (б), 3 мм (в), 4 мм (г)

Помимо увеличения количества расплавленного металла при повышении давления вследствие большего энерговыделения с ростом напряжения на дуге меняется коэффициент формы шва (рис. 4).

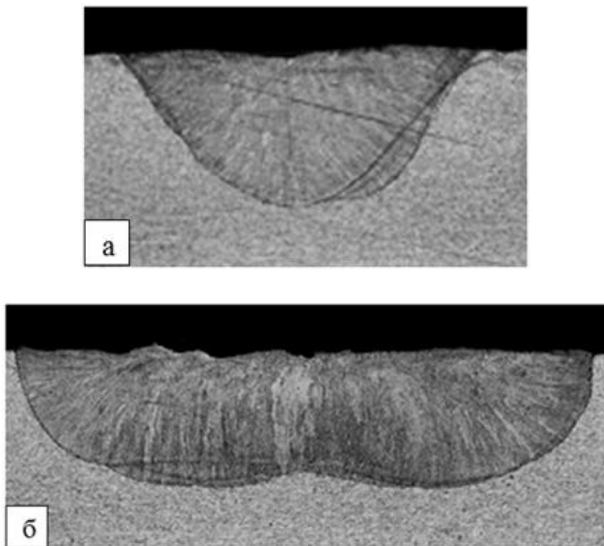


Рис. 4. Результаты металлографического исследования сварных швов, выполненных на одних режимах сварки ($I_{св}$, L_0) при разном давлении гелия ($x50$): а – 0 атм; б – 100 атм

Также был проведен эксперимент по изучению влияния изменения дугового промежутка на диаметр анодного пятна при высоком давлении гелия. Во время эксперимента при постоянном давлении $P=15$ МПа,

сварочном токе $I_{св}=15$ А и времени сварки $t_{св}=0,4$ с изменяли только длину дуги – от 1 до 4 мм. Показано, что с изменением длины дуги от 1 до 4 мм диаметр анодного пятна изменялся от 4,3 до 4,8 мм. Несмотря на рассредоточенное воздействие дуги, глубина проплавления при этом изменилась примерно в 1,7 раза и составила соответственно 1,2 и 2,0 мм. Известно [16], что с увеличением длины дуги эффективная тепловая мощность дуги снижается, наблюдается рассредоточение мощности, вводимой в основной металл. Полученные данные говорят о том, что с увеличением длины дуги в среде повышенного давления гелия эффективная тепловая мощность дуги, напротив, возрастает, несмотря на высокую теплопроводность газа. Это подтверждает тот факт, что увеличение длины дуги и ее сжатие при высоком давлении приводят к росту общего энерговыделения дуги и увеличению количества теплоты, выделяемой на изделии.

Длина дуги и давление инертного газа являются основными параметрами при сварке и оказывают значительное влияние на стабильное формирование сварного шва. Пренебрежение повышением энерговыделения с ростом давления может привести к нарушению качественного формирования сварного шва (рис. 5).

Широко используемая в производстве изделий активных зон технология герметизации оболочек твэлов методом оплавления их торца [1; 2] приводит к изменению длины дуги в процессе сварки из-за большого приращения усиления шва заглушки (рис. 6 а). При высоком давлении незначительное изменение длины дуги (0,5–1,5 мм) приведет к заметному изменению напряжения на дуге и, соответственно, к изменению общего энерговыделения при сварке. Последствием такого изменения может стать нарушение формы сварного шва (усиление, наплывы, смещение купола).

Наиболее простым решением задачи создания избыточного давления инертного газа внутри тонкостенной цилиндрической оболочки может стать сварка капилляра заглушки, приваренной к оболочке (рис. 6 б). Приращение высоты сварного шва в данном случае минимально, следовательно, величина дугового промежутка сохранит свои размеры. Это позволяет стабилизировать процесс энерговыделения при сварке. Ввиду малого диаметра капилляра для сварки требуется значительно меньшая сила тока, чем для полного оплавления всего торца заглушки, имеющей большой диаметр (рис. 6 а). Все эти факторы за счет возможности переплавления меньшей массы металла обеспечивают более простой, с технической точки зрения, способ управления качеством формирования шва.



Рис. 5. Внешний вид сварных соединений, выполненных на одних режимах сварки ($I_{св}=30$ А; $L_0=1$ мм) при разном давлении гелия: а – 0,3 МПа; б – 15 МПа

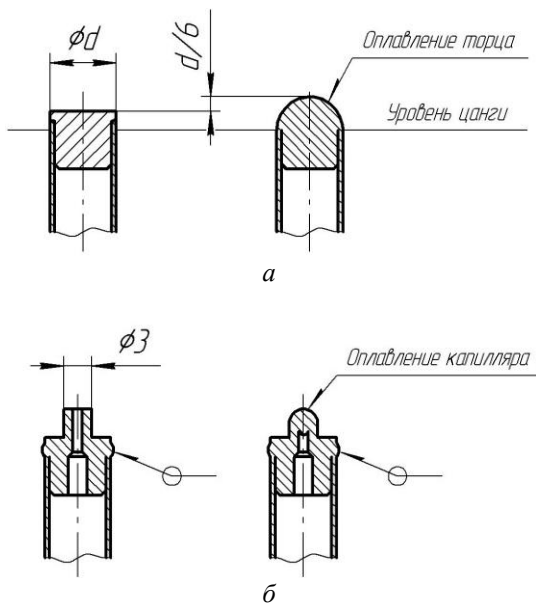


Рис. 6. Конструкции сварных соединений, предназначенные для оплавления торца заглушки (а) и оплавления торца капилляра, приваренного к оболочке (б), до и после герметизации

Оценка размера анодного пятна и глубины проплавления показала, что оптимальной конструкцией сварного соединения является капилляр с внешним диаметром 2,5...3,5 мм и внутренним 0,5...1 мм.

Технологию сварки при повышенном давлении можно применять как при изготовлении изделий из склонных к порообразованию металлов, так и при исправлении дефектов сварного шва.

При изготовлении изделий активной зоны ядерных реакторов часто используются алюминий и его сплавы (АД1, АД0). При этом часто необходимо исправлять дефекты сварных соединений с помощью повторной сварки, которая не всегда приводит к уменьшению пор, и количество таких сварок ограничено стандартами изготовления изделий.

Известно [18–20], что повышенное давление над сварочной ванной позволяет предотвратить или подавить развитие и рост пор в расплавленном металле. Однако данные о необходимом давлении для исправления уже сформировавшихся дефектов отсутствуют. Для выявления необходимого давления был проведен эксперимент на отбракованных (по порам) торцовых сварных соединениях цилиндрической формы из сплава АД-1 диаметром 5 мм. Параметры режимов повторной сварки: ток сварки 140 А, время сварки 0,8 с, среда – гелий, давление от 0,1 до 0,6 МПа. Качество оценивалось рентгенографическим методом. В результате (рис. 7) эксперимента установлено, что при давлении 0,6 МПа и выше поры полностью устраняются.

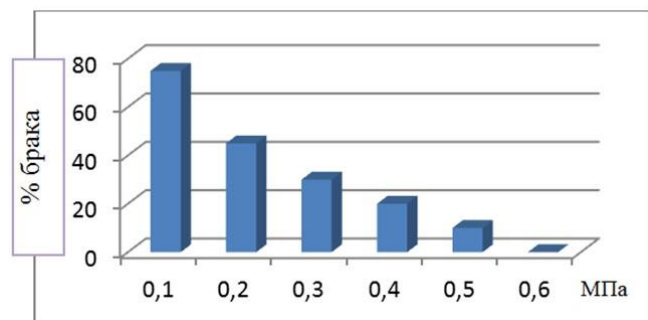


Рис. 7. Зависимость количества забракованных после повторной сварки изделий от внешнего давления

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. При изготовлении изделий активных зон ядерных реакторов в среде повышенного давления для наиболее практикуемого диапазона токов 25...50 А длину дуги следует выбирать минимальной (1...2 мм), при этом напряжение на дуге возрастает на 1,6...2 В с увеличением давления на 1 МПа.

2. Для обеспечения избыточного давления инертного газа внутри тонкостенной цилиндрической оболочки обоснована и выбрана конструкция сварного соединения, представляющая собой капилляр заглушки приваренной к оболочке с внешним диаметром 2,5...3,5 мм и внутренним 0,5...1 мм.

3. Определено, что повторная сварка изделий из алюминия с браковочными порами при давлении гелия 0,6 МПа и выше устраняет дефекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов. Кн. 1 / под ред. Ф.Г. Решетникова. М.: Энергоатомиздат, 1995. 316 с.
2. Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов. Кн. 2 / под ред. Ф.Г. Решетникова. М.: Энергоатомиздат 1995. 334 с.
3. Рогозянов А.Я. Закономерности и модели многокомпонентной термической и радиационно-термической ползучести оболочечных труб из циркониевых сплавов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2002. 46 с.
4. Табакин Е.М., Иванович Ю.В., Каплин А.В. Опыт применения сварки плавлением при изготовлении изделий активных зон ядерных реакторов в дистанционных условиях // Сварочное производство. 2013. № 2. С. 38–42.
5. Казаков Ю.В., Табакин Е.М., Иванович Ю.В., Мирошниченко Г.В., Каплин А.В. Некоторые особенности сварки малогабаритных изделий исследовательских ядерных реакторов // Металлургия сварки и сварочные материалы: сб. докладов науч.-практ. семинара. СПб.: СПбГПУ, 2013. С. 215–222.
6. Бровко В.В., Агафонов В.И., Мирошниченко Г.В., Зинковский В.И. Сварка под давлением облученных оболочек тепловыделяющих элементов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерная техника и технология. 1989. Вып. 4. С. 6–10.
7. Дьяченко В.В., Ольшанский А.Н. Влияние давления контролируемой атмосферы на основные параметры процесса сварки // Сварочное производство. 1989. № 11. С. 18–21.
8. Бровко В.В., Харлов А.Б., Мирошниченко Г.В. Особенности сварочной дуги при сварке неплавящимся электродом в инертном газе высокого давления // Сварка и диагностика. 2010. № 3. С. 45–49.
9. Рябиченко Б.Р., Андреев М.П., Щавелев Л.Н., Татарин В.Р. О некоторых особенностях процесса сварки с повышенным давлением гелия // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Сварка в ядерной технологии. 1989. Вып. 4. С. 7–9.
10. Suga Yasuo, Nasui Atsushi. On Arc Characteristics in High Pressure Helium Atmosphere // Quarterly Journal of The Japan Welding Society. 1988. Vol. 6. № 1. P. 86–91.
11. Allum C.J. Mechanisms of power dissipation in the column of high pressure argon-tungsten arcs // Welding Journal. 1983. Vol. 62. № 12. P. 356–360.
12. Hiraoka Kazuo, Okado Okira, Inagaki Michio. Effect of helium arc characteristics tungsten arc welding shielding gas // Quarterly Journal of The Japan Welding Society. 1985. Vol. 3. № 2. P. 241–246.
13. Allum C.J. The high pressure arc // The Characteristics and Structure of High Pressure (1–42 bars) Gas Tungsten Arcs. Cranfield Institute of Technology. School of Industrial Science, 1982. P. 212–536.
14. Farver Alfward, Forneris Glullo, Winkler Reinhard. Le miscelargon-elio nella saldatura di leghe leggere // Riv. mecc. 1988. Vol. 38. № 918. P. 72–74.
15. Ольшанский А.Н., Клещев С.И., Сергеев А.Л. Повышение стабильности дугового разряда при высоких давлениях инертного газа // Ресурсосберегающие прогрессивные технологии в сварочном производстве для машиностроительного комплекса. М.: Знание, 1989. С. 56–59.
16. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. Минск: Вища школа, 1976. 424 с.
17. Рябиченко Б.Р., Татарин В.Р., Щавелев Л.Н., Дорожкин В.Г. Исследование процесса возбуждения дуги при сварке с повышенным давлением гелия // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Сварка в ядерной технологии. 1986. Вып. 2. С. 51–53.
18. Ольшанский А.Н., Морозов Б.П. Оценка влияния повышенного давления защитного газа на снижение пористости сварных соединений из алюминиевых сплавов // Сварочное производство. 2003. № 11. С. 8–11.
19. Табакин Е.М. Иванович Ю.В., Байкалов В.И. Оценка возможности снижения порообразования в сварных соединениях оболочек из дисперсионно-упрочненных сталей ферритного и мартенситного класса // Сборник трудов НИИАРа. 2004. Вып. 2. С. 38–43.
20. Табакин Е.М., Иванович Ю.В., Байкалов В.И. Особенности сварки плавлением оболочек из дисперсионно-упрочненных сталей применительно к конструкции тепловыделяющих элементов реакторов на быстрых нейтронах // Сварочное производство. 2005. № 5. С. 3–7.

REFERENCES

1. Reshetnikov F.G., ed. *Razrabotka, proizvodstvo i ekspluatatsiya teplovidelayushchikh energeticheskikh reaktorov* [Development, production and operation of heat-generating elements of power reactors]. Moscow, Energoatomizdat publ., 1995, vol. 1, 316 p.
2. Reshetnikov F.G., ed. *Razrabotka, proizvodstvo i ekspluatatsiya teplovidelayushchikh energeticheskikh reaktorov* [Development, production and operation of heat-generating elements of power reactors]. Moscow, Energoatomizdat publ., 1995, vol. 2, 334 p.
3. Rogozyanov A.Ya. *Zakonomernosti i modeli mnogokomponentnoy termicheskoy i radiatsionno-termicheskoy polzuchesti obolochechnikh trub iz tsirkonievikh spлавov*. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Regularities and models of multicomponent thermal and radiation-thermal creeping of encased pipes made of zirconium alloys]. Moscow, 2002, 46 p.
4. Tabakin E.M., Ivanovich Yu.V., Kaplin A.V. Experience of application of fusion welding when producing the elements of nuclear reactor cores in remote environments. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2013, no. 2, pp. 38–42.
5. Kazakov Yu.V., Tabakin E.M., Ivanovich Yu.V., Miroshnichenko G.V., Kaplin A.V. Some peculiarities of welding of small-size elements of research nuclear reactors. *Sbornik докладов nauchno-prakt. seminarov "Metallurgiya svarki i svarochnie materialy"*. S. Peterburg, SPbGPU publ., 2013, pp. 215–222.
6. Brovko V.V., Agafonov V.I., Miroshnichenko G.V., Zinkovsky V.I. Pressure welding of irradiated claddings of heat-generating elements. *Voprosi atomnoy nauki i tekhniki. Seriya Yadernaya tekhnika i tekhnologiya*, 1989, no. 4, pp. 6–10.

7. Dyachenko V.V., Olshansky A.N. Influence of controlled atmosphere pressure on the key parameters of welding process. *Svarochnoe proizvodstvo*, 1989, no. 11, pp. 18–21.
8. Brovko V.V., Kharlov A.B., Miroshnichenko G.V. Peculiarities of welding arc during the welding with non-consumable electrode in the high pressure inert gas. *Svarka i diagnostika*, 2010, no. 3, pp. 45–49.
9. Ryabichenko B.R., Andreev M.P., Shchhavelev L.N., Tatarinov V.R. About some peculiarities of welding processes with the helium high pressure. *Voprosi atomnoy nauki i tekhniki. Seriya Yadernaya tekhnika i tekhnologiya*, 1989, no. 4, pp. 7–9.
10. Suga Yasuo, Hasui Atsushi. On Arc Characteristics in High Pressure Helium Atmosphere. *Quarterly Journal of The Japan Welding Society*, 1988, vol. 6, no. 1, pp. 86–91.
11. Allum C.J. Mechanisms of power dissipation in the column of high pressure argon-tungsten arcs. *Welding Journal*, 1983, vol. 62, no. 12, pp. 356–360.
12. Hiraoka Kazuo, Okado Okira, Inagaki Michio. Effect of helium arc characteristics tungsten arc welding shielding gas. *Quarterly Journal of The Japan Welding Society*, 1985, vol. 3, no. 2, pp. 241–246.
13. Allum C.J. The high pressure arc. *The Characteristics and Structure of High Pressure (1–42 bars) Gas Tungsten Arcs*. Cranfield Institute of Technology. School of Industrial Science, 1982, pp. 212–536.
14. Farver Alfward, Forneris Gullo, Winkler Reinhard. Le misceleargon-elio nella saldatura di leghe leggere. *Riv. mecc.*, 1988, vol. 38, no. 918, pp. 72–74.
15. Olshansky A.N., Kleshcheev S.I., Sergeev A.L. The improvement of arc discharge stability within the inert gas high pressures. *Resursosberegayushchie progressivnie tekhnologii v svarochnom proizvodstve dlya mashinostroitel'nogo kompleksa*. Moscow, Znanie publ., 1989, pp. 56–59.
16. Bagryansky K.V., Dobrotina Z.A., Khrenov K.K. *Teoriya svarochnikh protsessov* [Welding processes theory]. Minsk, Vishcha shkola publ., 1976, 424 p.
17. Ryabichenko B.R., Tatarinov V.R., Shchhavelev L.N., Dorozhkin V.G. Study of the process of arc agitation during helium high pressure welding. *Voprosi atomnoy nauki i tekhniki. Seriya Svarka v yadernoy tekhnologii*, 1986, no. 2, pp. 51–53.
18. Olshansky A.N., Morozov B.P. Estimation of the influence of shielding gas increased pressure on the reduction of porosity of aluminum alloys welding joints. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2003, no. 11, pp. 8–11.
19. Tabakin E.M., Ivanovich Yu.V., Baykalov V.I. Estimation of possibility of decrease of pore formation in welding joints of claddings made of dispersion-hardened steels of ferritic and martensitic grades. *Sbornik trudov NIIPa*, 2004, no. 2, pp. 38–43.
20. Tabakin E.M., Ivanovich Yu.V., Baykalov V.I. Peculiarities of fusion welding of claddings made of dispersion-hardened steels relating to the structure of heat-generating elements of fast reactors. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2005, no. 5, pp. 3–7.

THE TECHNOLOGY OF ARC WELDING OF SMALL-SIZE COMPONENTS OF NUCLEAR PLANTS UNDER THE SHIELDING GAS HIGH-PRESSURE

© 2015

Y.V. Kazakov, Doctor of Engineering, Professor,
professor-counsellor of the Department «Equipment and technology of welding and soldering»
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

A.V. Kaplin, engineer
N.A. Kostyuchenko, engineer
S.A. Andreev, engineer

State Scientific Center – Research Institute of Atomic Reactors, Dimitrovgrad (Russia)

Keywords: pressure welding; nuclear plants components; material research samples; volt-ampere characteristic.

Abstract: The article presents the results of research of the influence of argon and helium high pressure on the welding arc process parameters and the samples of nuclear plants components with the increased internal pressure. The authors described the method for filling up and the special features of equipment for the components sealing. The installation is a chamber where the electrode and the product are placed. The arc is stricken by contact process with electromagnet that rises the electrode simultaneously with the welding process start. The increased value of the no-load voltage is the feature of welding power source. The experiment was carried out on the copper plate welded in the up to 15 MPa helium and up to 10MPa argon environment. The research showed that with the helium pressure moving higher for each 1 MPa in the currents range of 25...50 A the welding arc voltage increases by 1,6...2 V. It influences much the quality of welding seams of small-size components of nuclear plants. The research showed that the weld geometry factor changes when welding in the increased pressure environment. The authors specified the optimal design of welded joints of small-size thin-walled nuclear plants components with the increased internal pressure. The technology of increased pressure welding can be used both for production of components made of pore-formation sensitive metals and for welding seam defects repair. The experiment on determination of required pressure was carried out on the rejected edge welds made of AD-1 aluminum alloy. The research showed that the rewelding of aluminum components with the rejecting pores at helium pressure of 0,6 MPa and higher corrects the defects.