

Содержание журнала «Сварка и Диагностика» № 4 (2024)

КОНТЕКСТ

3 Акцент на отечественного производителя

4 Финал близок

РЕГИОНЫ

6 В Союзе промышленников Алтая пополнение

6 Региональная квалификация

7 Фестиваль профессий

9 От оружия к созиданию

НСК РОССИИ

10 НСК: обзор стран ЕАЭС и СНГ

11 НАУКА И ТЕХНИКА

12 Новости

13 Лысак В.И., Муругов Д.А., Савинов А.В., Чудин А.А., Полесский О.А., Красиков П.П.

Влияние ультразвуковых колебаний на проплавливающую способность дуги переменного тока

16 Атрощенко В.В., Никифоров Р.В., Медведев А.Е., Галимов В.Р., Паутов А.Н. Исследование микроструктуры соединений сплава ЭП718, полученных дугowymi способами сварки

21 Паршин С.Г., Никулин В.Е., Лебедева Н.В., Кархин В.А., Гао Ю., Левченко А.М., Косьяненко С.В. Остаточные напряжения и анизотропия микроструктуры при различных технологиях подводной мокрой сварки низколегированной стали

26 Щербаков И.А., Иванов М.А., Айметов С.Ф., Воробьев М.Д. Оценка прочности крестообразных сварных соединений высокопрочных сталей с геометрической неоднородностью на основе линейной механики разрушения

31 Саттаров А.Г., Али Е., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. Исследование факторов, влияющих на микротвердость медицинской инструментальной стали

УГОЛОК СВАРЩИКА

36 Импортозамещение – стимул технологического прорыва

37 ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО

38 Новости

39 Шолохов М.А., Полосков С.С., Ерофеев В.А., Бузорина Д.С., Мельников А.Ю. К вопросу повышения точности при использовании дугowych датчиков для позиционирования плавящегося электрода в разделке

45 Медведев А.Ю., Никифоров Р.В., Галимов В.Р., Хисамутдинов Э.Р., Назарова В.С. Оценка энергетической эффективности процесса импульсно-дуговой наплавки плавящимся электродом ЭП533 диаметром 1 мм

51 Крючков П.А., Коберник Н.В., Гуркин С.В. Влияние смещения свариваемых кромок на формирование корневого слоя шва способом УКП при сварке неповоротных стыков труб

55 Фастов С.А., Зорин И.В., Лысак В.И., Елсуков С.К., Несин Д.С. Исследование влияния основных параметров процесса наплавки колеблющимся электродом на формирование наплавленного металла бейнитного класса

60 Главный технолог-сварщик Севера. Ю.Н. Сараеву – 75 лет

ТЕХНОПАРК

61 Средства механизации сварки: сделано в России

ХРОНОГРАФ

63 Круглые даты в истории сварки (июль-август)

ТЕМАТИКА И КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

УДК 621.791

Лысак В.И., акад. РАН,

Муругов Д.А., асп.,

Савинов А.В., д-р техн. наук,

Чудин А.А., канд. техн. наук,

Полесский О.А., канд. техн. наук,

Красиков П.П., канд. техн. наук

Волгоградский государственный технический университет

svarka-k@mail.ru

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОПЛАВЛЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА*

Исследовано влияние частоты и мощности ультразвуковых колебаний, воздействующих на дугу переменного тока, на ее проплавляющую способность. Показано, что параметры проплавлений, выполненных с воздействием на дугу ультразвуковых колебаний, значительно превосходят таковые без применения УЗК на любых режимах (в случае применения резонансных частот глубина проплавления повышается в 2,4 раза, ширина – до 1,5 раз).

Ключевые слова: неплавящийся электрод, ультразвуковые колебания, глубина проплавления

The influence of the frequency and power of ultrasonic vibrations acting on an alternating current arc on its melting ability has been studied. It has been shown that the parameters of penetrations performed with the influence of ultrasonic vibrations on the arc are significantly superior to those without the use of ultrasonic testing in any mode (in the case of using resonant frequencies, the depth of penetration increases by 2.4 times, the width by up to 1.5 times).

Keywords: non-consumable electrode, ultrasonic vibrations, penetration depth

УДК 621.791.011

Атрощенко В.В., д-р техн. наук,

Никифоров Р.В., канд. техн. наук,

Медведев А.Е., канд. ф.-м. наук

Галимов В.Р., ст. преподаватель

Паутов А.Н., ст. преподаватель

Уфимский университет науки и технологий

nikiforov_svarka@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СОЕДИНЕНИЙ СПЛАВА ЭП718, ПОЛУЧЕННЫХ ДУГОВЫМИ СПОСОБАМИ СВАРКИ

В статье представлено исследование микроструктуры сварного шва и околошовной зоны (ОШЗ) соединений сплава ЭП718 толщиной 4 мм, полученных ручной TIG-сваркой (сварка неплавящимся электродом в аргоне) и роботизированной GMA сваркой (сварка плавящимся электродом в аргоне) с поперечными колебаниями электрода. Данные энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии показали, что в ОШЗ сварных соединений, полученных как двухпроходной сваркой GMA сваркой, так и TIG сваркой в три прохода, выделяются карбиды типа M_xC_y и частицы ярко выраженные белые частицы размером 5–7 мкм. Подобных ярко выраженных частиц в ОШЗ сварных соединений при однопроводной сварке выявить не удалось. В сварном соединении, полученном TIG-сваркой, в результате изучения макрошлифа были обнаружены дефекты типа «пора» в корне шва.

Ключевые слова: импульсная GMA-сварка, ручная TIG-сварка, жаропрочный никелевый сплав ЭП718, сварочная проволока ЭП533, металлографический анализ, сварка, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (EDXS), испытания сварных соединений на растяжение

The article presents a study of the microstructure of the weld and near-affected zone (NAZ) of 4 mm thick EP718 alloy joints produced by manual TIG welding (welding with a non-consumable electrode in argon) and robotic GMA welding (welding with a consumable electrode in argon) with transverse vibrations of the electrode.

EDXS analysis data showed that particles of the M_xC_y carbides and particles pronounced white parts in size of 5-7 μm are released in the NAZ of welded joints obtained by both double-pass GMA welding and three-pass TIG welding. It was not possible to identify such pronounced particles in the NAZ of welded joints during single-pass welding. As a result of studying a macrosection in a welded joint produced by TIG welding were discovered pore defects at the root of the weld.

Keywords: pulsed GMA welding, manual TIG welding, heat-resistant nickel alloy EP718, welding wire EP533, metallographic analysis, welding, energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDXS), tensile testing of welded joints

УДК 621.791.792

Никулин В.Е., вед. инженер,

Лебедева Н.В., канд. техн. наук

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ
«Прометей»

Паршин С.Г., д-р техн. наук,

Кархин В.А., д-р техн. наук,

Гао Ю., аспирант

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Левченко А.М., канд. техн. наук

ООО «УНТЦ «Сварка»

Косьяненко С.В., канд. техн. наук

ООО «РаДиаТех»

parshin@spbstu.ru

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И АНИЗОТРОПИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОДВОДНОЙ МОКРОЙ СВАРКИ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Рукопись содержит результаты исследований остаточных напряжений, микроструктуры и твердости при подводной мокрой сварке низколегированной стали D40 с применением ферритной порошковой проволоки ППС-АПЛ2. Исследовано продольное и поперечное поле напряжений сложной конфигурации с минимумом в центре шва и максимумом на границе шва с величиной выше предела текучести стали. Исследовано горизонтальное и вертикальное распределение микротвердости шва и зоны термического влияния, которое имеет максимум на границе шва. Установлена зависимость между микроструктурной анизотропией в поперечном сечении шва, микротвердостью и распределением напряжений. Применение подогрева и термоизоляции позволило снизить остаточные напряжения, микротвердость и степень микроструктурной анизотропии шва и зоны термического влияния.

Ключевые слова: подводная мокрая сварка, низколегированная сталь, остаточные напряжения, микроструктура, твердость, подогрев

The manuscript contains the results of studies of residual stresses, microstructure and hardness during underwater wet welding of low-alloy steel D40 using ferritic flux-cored wire PPS-APL2. The longitudinal and transverse stress field of a complex configuration with a minimum in the center of the weld and a maximum at the weld boundary with a value above the yield strength of the steel was studied. The horizontal and vertical distribution of microhardness of the weld and the heat-affected zone, which has a maximum at the weld boundary, was studied. The relationship between microstructural anisotropy in the cross section of the weld, microhardness and stress distribution has been established. The use of heating and thermal insulation made it possible to reduce residual stresses, microhardness and the degree of microstructural anisotropy of the weld and the heat-affected zone.

Keywords: underwater wet welding, low-alloy steel, residual stresses, microstructure, hardness, heating

УДК 621.791

Щербаков И.А., ст. преподаватель,

Иванов М.А., канд. техн. наук,

Айметов С.Ф., канд. техн. наук,
Воробьев М.Д., студент
Южно-Уральский государственный
университет
shcherbakovia@susu.ru

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КРЕСТООБРАЗНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ С ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОЙ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ*

Высокопрочные стали в силу малой пластичности в сварных соединениях демонстрируют поведение, близкое к хрупкому, что требует более детального представления о влиянии основных геометрических параметров соединения, включая дефект типа непровара, на величины коэффициентов интенсивности напряжений в рамках линейной механики разрушения (ЛМР). В работе рассмотрен случай растяжения крестообразного соединения с непроваром с анализом напряженного состояния с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Для практического использования результатов предложены регрессионные зависимости, связывающие коэффициент интенсивности напряжения (КИН) с геометрическими параметрами.

Ключевые слова: крестообразные сварные соединения, коэффициент интенсивности напряжений, метод конечных элементов

High-strength steels, due to their low ductility in welded joints, exhibit behavior close to brittle, which requires a more detailed understanding of the influence of the basic geometric parameters of the joint, including a defect of the non-welding type, on the stress intensity factor in the theory of linear fracture mechanics. In this article, the case of stretching a cruciform welded joint with non-welded areas with stress state analysis using the finite element method (FEM) is considered. For practical use of the results, regression models are proposed to determine stress intensity factors depending on geometric parameters.

Keywords: cruciform welded joint, stress intensity factor, finite element method

УДК 672.716

Саттаров А.Г., д-р техн. наук,
Сочнев А.В., канд. техн. наук
КНИТУ (КХТИ) - КНИТУ (КАИ)

Али Е., асп.
КНИТУ (КХТИ)

Зиганшин Б.Р.
КНИТУ (КАИ)

edres2015ali@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ МЕДИЦИНСКОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ 40X13

В ходе проведенного эксперимента были определены значения максимальной мгновенной скорости распространения ударной волны и давления ударной волны импульсного оптического разряда как факторов, влияющих на лазерное упрочнение. Динамика образования ударной волны зависит от скорости и интенсивности распространяющегося лазерного импульса. Это означает, что при определенных условиях давление и скорость распространения ударной волны влияют на силу, с которой она воздействует на поверхность металлических материалов. Также следует учесть влияние используемой среды в процессе импульсного оптического разряда.

Ключевые слова: ударная волна, медицинский инструмент, импульсный оптический разряд, лазер

In the course of the experiment, the values of the maximum instantaneous velocity of shock wave propagation and the pressure of the shock wave of a pulsed optical discharge were determined as factors affecting laser hardening. This means that under certain conditions, the pressure and speed of the shock wave affect the force with which it acts on the surface of metallic materials. The influence of the medium used during the pulsed optical discharge process should also be taken into account. The purpose of the experiment was to determine the highest instantaneous speed of shock wave propagation and pressure as factors influencing laser hardening.

Keywords: shock wave, medical instrument, pulsed optical discharge, laser

УДК 621.791.754:004.942

Шолохов М.А., д-р техн. наук

Институт физики металлов УрО РАН

Полосков С.С.

Московский физико-технический институт
(НИУ)

Ерофеев В.А., канд. техн. наук

Тульский государственный университет

Бузорина Д.С., канд. техн. наук, Мельников

А.Ю., канд. техн. наук

Уральский федеральный университет

darja.buzorina@yandex.ru

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДУГОВЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЛАВЯЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОДА В РАЗДЕЛКЕ

Одной из важнейших проблем автоматизации и роботизации сварочного производства являются проблемы ориентации сварочной горелки относительно стыка. Для решения этой задачи в качестве датчика может быть использована сварочная дуга. Исследование возможности дальнейшего повышения точности позиционирования электрода в разделке, при сварке с колебаниями плавящегося электрода в разделке выполняли с использованием методов математического моделирования процессов, протекающих в контуре «источник питания-дуга- плавящийся электрод». Установлена зависимость сигнала смещения электрода в стыке, выделяемого из сигналов тока и напряжения дуги фазовым детектором, от режима сварки. Показано, что знак сигнала устойчиво сохраняется при изменении как параметров поперечных колебаний, так и режима сварки, что позволяет успешно использовать этот способ для управления движением горелки.

Ключевые слова: дуговая сварка, плавящимся электродом, позиционирование электрода в разделке, дуговой датчик

One of the most important problems in the automation and robotisation of welding processes is the positioning of the welding torch towards the joint. To solve this task, a welding arc can be used as a sensor. Research on the possibility of further improvement of the positioning accuracy of the electrode in the groove, while welding with oscillation using the consumable electrode was carried out applying methods of mathematical modelling of the processes occurring in the process loop "power source - arc - consumable electrode". The dependence of the electrode offset signal in the joint, emitted from the current and arc voltage signals by the phase discriminator, on the welding mode has been determined. It is shown that the sign of the signal is stable when changing both the parameters of transverse oscillations and the welding mode, which makes it possible to successfully use this method for controlling the torch motion. It is shown that the signal is consistently maintained when both the transverse oscillation parameters and the welding mode are changed, which makes it possible to successfully use this method for controlling the torch motion.

Keywords: arc welding, consumable electrode, electrode positioning in the groove, arc sensor

УДК 621.791.014

Медведев А.Ю., д-р техн. наук,

Никифоров Р.В., канд. техн. наук,

Галимов В.Р., ст. преподаватель

Хисамутдинов Э.Р., инженер

Назарова В.С., магистрант

Уфимский университет науки и технологий

nikiforov_svarka@mail.ru

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ И СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ ЭП533 ДИАМЕТРОМ 1 ММ

В работе представлены результаты оценки эффективного КПД процесса импульсно-дуговой наплавки электродом ЭП533 диаметром 1 мм. Осуществлено сравнение эффективного КПД разработанных авторами режимов с режимами наплавки со струйным каплепереносом и с предустановленными режимами для аустенитных электродных проволок. Проведена сравнительная оценка качества наплавленных валиков по форме и по потерям металла. В заключение приведена оценка погонной энергии при сварке проволокой ЭП533 жаропрочного никелевого сплава ЭП718 толщиной 3 мм с уточненным эффективным КПД по сравнению с рекомендуемыми режимами. Показано, что применение разработанных режимов позволяет снизить тепловложение на 115% по сравнению со сваркой неплавящимся электродом с присадочным материалом и на 185% по сравнению со сваркой плавящимся электродом, рекомендуемыми для сварки жаропрочных никелевых сплавов.

Ключевые слова: Сварка плавящимся электродом в защитных газах, импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом, сварка электродом ЭП533, сплав ХН45МВТЮБР, калориметрирование

The article presents the results of estimation of heat transfer efficiency of the process of pulse-arc welding with EPh533 electrode of 1 mm diameter. Comparison of the effective efficiency of the modes developed by the authors with the modes of surfacing with spray transfer and with the preset modes for austenitic electrode wires is carried out. A comparative assessment of the quality of the beads in terms of shape and metal losses is carried out. In conclusion, the estimation of heat input rate at welding by wire EPh533 of heat-resistant nickel alloy EPh718 with thickness of 3 mm with the specified heat transfer efficiency in comparison with the recommended modes is given. It is shown that application of the developed modes allows to reduce heat input by 115% in comparison with welding by a non-consumable electrode with filler material and by 185% in comparison with welding by a consumable electrode recommended for welding of heat-resistant nickel alloys.

Keywords: Fusion welding in shielding gases, pulse-arc welding with fusion electrode, welding with EP533 electrode, KhN45MVTUBR alloy, calorimetry

УДК 621.791.92

Крючков П.А., асп.

МГТУ им Н.Э. Баумана

Коберник Н.В., д-р техн. наук,

Гуркин С.В., канд. техн. наук

Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при

МГТУ им. Н. Э. Баумана

koberniknv@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ СВАРИВАЕМЫХ КРОМОК НА ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОГО СЛОЯ ШВА СПОСОБОМ УКП ПРИ СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБ

В статье рассмотрена сварка корневого слоя шва кольцевых соединений труб большого диаметра в неповоротном положении в условиях возмущения по смещению кромок. Показано влияние смещения свариваемых кромок на процесс формирования корневого слоя шва при сварке импульсным способом с управляемым каплепереносом (УКП). Установлено, что смещение свариваемых кромок выше 0,5 мм без применения дополнительных воздействий приводит к образованию непровара. Сформулированы рекомендации по уменьшению влияния величины смещения кромок на образование дефектов корневого слоя шва, заключающиеся в изменении времени задержки на кромках. Определено, что при условии регулирования временем задержки на кромках максимально допустимое значение смещения свариваемых кромок, при которых возможно обеспечить качественное формирование сварного соединения, составляет 3,8 мм.

Ключевые слова: дуговая сварка, сварка корневого слоя, магистральные трубопроводы, управляемый каплеперенос

The article examines the welding of the root layer of a seam of ring joints of large-diameter pipes in a fixed position under conditions of disturbance by edge displacement. The influence of the displacement of the welded edges on the process of formation of the root layer of the weld during pulse welding with controlled droplet transfer (CDT) is shown. It was found that displacement of the welded edges above 0,5 mm without the use of additional influences leads to the formation of lack of penetration. Recommendations have been formulated to reduce the influence of the amount of edge displacement on the formation of defects in the root layer of the weld,

which consists of changing the delay time at the edges. It has been determined that, subject to regulation of the delay time at the edges, the maximum permissible value of displacement of the welded edges, at which it is possible to ensure high-quality formation of the welded joint, is 3,8 mm.

Keywords: arc welding, root layer welding, main pipelines, controlled droplet transfer

УДК 620.22:620.17

Фастов С.А., инженер

Зорин И.В., д-р техн. наук,

Лысак В.И., д-р техн. наук,

Елсуков С.К., канд. техн. наук,

Несин Д.С., аспирант

Волгоградский государственный
технический университет

zorin.iv@vstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ КОЛЕБЛЮЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА БЕЙНИТНОГО КЛАССА*

В работе рассмотрено влияние основных параметров режима дуговой наплавки колеблющимся электродом в защитном газе на формирование низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла со структурой бейнитного феррита. Установлено, что наилучшее качество формирования наплавленного валика обеспечивается при частоте колебаний (f) электрода 1,7 Гц, а стабилизации теплового поля по ширине сварочной ванны достигается уже при 0,7 Гц. Показано, что наибольшую чувствительность к изменению частоты колебаний проявляет мартенситно-аустенитная составляющая, содержание которой в структуре достигает своего наибольшего значения при $f = 1,7$ Гц.

Ключевые слова: частота и амплитуда колебаний, сварочная дуга, термические циклы, наплавленный металл, структура, твердость

The article examines the influence of the main parameters of the arc surfacing mode with an oscillating electrode in a protective gas on the formation of a low-carbon low-alloy deposited metal. It has been established that the best quality of deposited bead formation is ensured at an oscillation frequency (f) of the electrode of 1,7 Hz, and stabilization of the thermal field across the width of the weld pool is achieved already at 0,7 Hz. It has been shown that the martensitic-austenitic component exhibits the greatest sensitivity to changes in oscillation frequency, the content of which in the structure reaches its highest value at $f = 1,7$ Hz.

Keywords: frequency and amplitude of oscillations, welding arc, thermal cycles, deposited metal, structure, hardness