

Bibliography:

1. Deminskii Yu.A. Magnetic influence in gas-electric welding by consumable electrode / Yu.A. Deminskii, V.I. Dyatlov // Avtomaticheskaya svarka. – 1963. – № 4. P. 82 – 83. (Rus.)
2. Akulov A.I. Arc magnetic influence in welding by consumable electrode in an argon / A.I. Akulov, B.V. Kopaev // Avtomaticheskaya svarka. – 1972. – № 7. – P. 39 – 42. (Rus.)
3. Welds forming magnetic in automatic welding under a flux / Yu.G. Gagen and other. // Avtomaticheskaya svarka. – 1975. – № 11. – P. 73 – 74. (Rus.)
4. Demyantsevich V.P. External magnetic field and welding conditions parameters influence on welds / V.P. Demyantsevich and other. // Svarochnoe proizvodstvo. – 1975. – № 11. – P. 7 – 9. (Rus.)
5. Sheikin M.Z. Magnetic vibrations application in welding under a flux / M.Z. Sheikin, N.F. Varyahov // Svarochnoe proizvodstvo. – 1969. – № 6. – P. 24 – 25. (Rus.)
6. Razmyshljaev A.D. Electrode wire melting productivity of in arc surfacing under a flux with transversal magnetic field influence / A.D. Razmyshljaev and other. // Avtomaticheskaya svarka. – 2011. – № 5. – P. 48 – 51. (Rus.)

Рецензент: В.В. Чигарев
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 07.03.2012

УДК 621.791.75

©Размышляев А.Д.¹, Миронова М.В.², Лещенко А.И.³

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Показано, что при дуговой сварке под флюсом стыковых соединений воздействие продольного магнитного поля приводит к увеличению ширины шва и к уменьшению коэффициента концентрации напряжений, а уменьшение глубины проплавления – к снижению дефектов в виде прожогов при сварке тонколистового металла.

Ключевые слова: дуговая сварка, продольное магнитное поле, индукция магнитного поля, геометрические размеры шва.

Размышляев О.Д., Миронова М.В., Лещенко О.И. Підвищення якості стикових з'єднань при дуговому зварюванні у подовжньому магнітному полі. Показано, що при дуговому зварюванні під флюсом стикових з'єднань дія подовжнього магнітного поля приводить до збільшення ширини шва і до зменшення коефіцієнта концентрації напружень, а зменшення глибини проплавлення – до зниження дефектів у вигляді пропалень при зварюванні тонколистового металу.

Ключові слова: дугове зварювання, подовжнє магнітне поле, індукція магнітного поля, геометричні розміри шва.

O.D. Razmyshljaev, M.V. Mironova, O.I. Leshchenko. Quality increase of butt joints at arc welding in longitudinal magnetic field. It was shown that at submerged arc welding of butt joints with longitudinal magnetic field resulted in weld width increase and tensions concentration coefficient decrease, while penetration depth decrease results in decrease of burn-through defects in the process of thin-sheet metal welding.

Keywords: arc welding, longitudinal magnetic field, magnetic field induction, bead geometric parameters.

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

Постановка проблеми. Проблема управления качеством швов в сварных конструкциях является актуальной, она направлена на повышение долговечности сварных конструкций и экономическую их эффективность.

Анализ последних исследований и публикаций. Долговечность является важнейшим показателем качества продукции, определяющим экономическую эффективность при ее использовании [1]. Основным типом соединений в сварных конструкциях являются стыковые и их долговечность определяется качеством указанных соединений. Долговечность же стыковых соединений в значительной степени определяется формой швов в их поперечном сечении [2]. Одна из первых работ была посвящена управлению качеством стыковых соединений при дуговой сварке за счет уменьшения кристаллизационных трещин в швах путем воздействия продольного магнитного поля (ПРМП) на жидкий металл сварочной ванны [3]. Аналогичные задачи решались и в ряде других работ исследователей. Однако, литературных данных о влиянии формы и размеров сечений швов стыковых соединений на долговечность сварных конструкций (при отсутствии трещин и других дефектов шва и околошовной зоны) не имеется.

Цель статьи – повышение качества стыковых сварных соединений за счет управления формой и размерами сечения швов путем воздействия продольного магнитного поля при дуговой сварке.

На кафедре «ОиТСП» ГВУЗ «ПГТУ» в течение последних 15 лет выполняются работы по изучению влияния ПРМП при дуговой сварке под флюсом на геометрические размеры поперечных сечений наплавленных валиков и швов сварных соединений.

Для стыкового сварного соединения (рис. 1) важнейшими характеристиками являются: угол сопряжения основного металла с наплавленным θ , минимальный радиус перехода к основному металлу – R , а при наличии подрезов – дополнительно их радиус r и глубина t . Для всех способов дуговой сварки стыковых соединений, в соответствии с требованиями ГОСТов, геометрические размеры в сечении: ширина шва, высота усиления, глубина проплавления основного металла обозначаются соответственно как e , g , h (рис. 1).

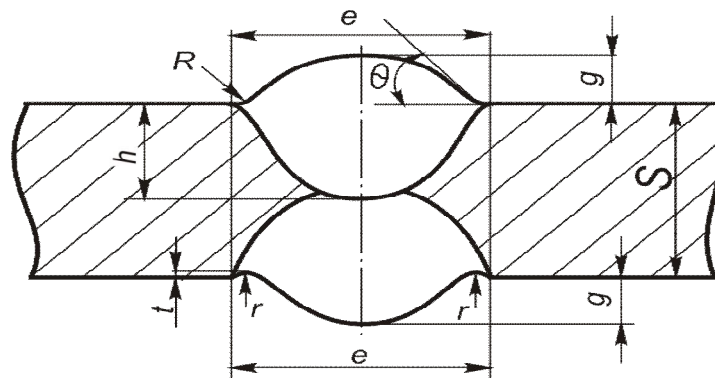


Рис. 1 – Поперечное сечение шва при сварке стыковых соединений

Для стыковых соединений (рис. 1) в диапазон углов $\theta = 15 - 30^\circ$ коэффициент концентрации напряжений K_σ зависит от угла θ [4]:

$$K_\sigma = 1 + \frac{1}{\sqrt[3]{\left(\frac{R}{g} \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} + 4 \frac{R}{s} + 5 \frac{R}{e+R}\right)^2}} \quad (1)$$

Необходимые для расчетов K_σ параметры формы сопряжения валика с основным металлом R и θ могут быть определены по формулам [5]:

$$\theta = \left(\operatorname{arctg} \frac{4g}{e} \right) \cdot \frac{180}{\pi}, \quad (2)$$

$$R = 0,035 + \frac{62,3}{\theta}. \quad (3)$$

Работоспособность сварной конструкции, в состав которой входит стыковое соединение, может быть повышена соответствующим изменением параметров формы усиления валика и снижением величины K_{σ} . Для этого необходимо площадь расплавленного металла распределить на большей ширине (e) и соответственно уменьшить высоту усиления (g). При этом, в соответствии с зависимостями (2, 3), увеличится R , уменьшится θ и повысится работоспособность сварных соединений [2].

Для изучения влияния ПРМП на геометрические размеры шва изготовлено устройство, состоящее из катушки (1) с числом витков $W = 175$ медного провода диаметром 2 мм с ферромагнитным сердечником, имеющим плоский срез (2) в нижней части (рис. 2, а). Это устройство крепили к мундштуку сварочного автомата типа АДС-1002 (АДФ-1004), сварочная проволока (3) проходила через отверстие, имевшееся внутри ферромагнитного сердечника. Питание катушки осуществляли переменным током промышленной частоты от трансформатора типа ТДМ-402. Измерениями у поверхности пластины установлено, что в зоне дуги продольная составляющая индукции магнитного поля (B_z) максимальна и уменьшается от оси электрода, а тангенциальная компонента (B_x) незначительна (рис. 2, б). Выполняли наплавки на пластины из стали ВМСт-3сп толщиной 20 мм проволокой Св-08А диаметром 4мм под флюсом АН-348А при обратной полярности процесса при воздействии на дугу продольного магнитного поля и без его воздействия.

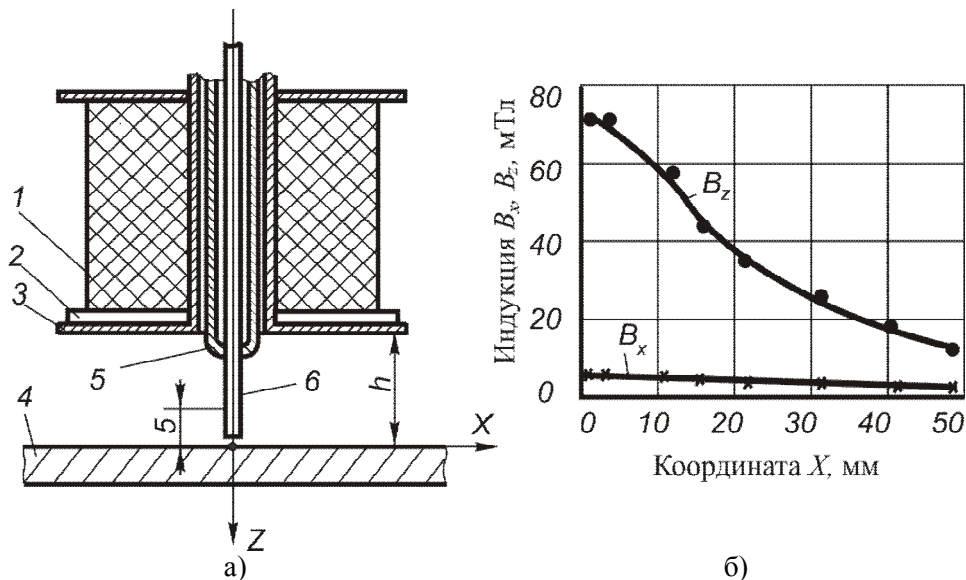


Рис. 2 – Устройство для создания продольного поля (а) и распределение индукции у поверхности пластины (б): а – (обозначения см. в тексте); б – $I = 40$ А; $h = 40$ мм; $f = 50$ Гц

Размеры наплавленных валиков в поперечном сечении определяли на макрошлифах. Установлено, что воздействие ПРМП значительно увеличивает ширину валика и снижает глубину проплавления основного металла (рис. 3).

Поскольку условия формирования валика при наплавке близки к условиям формирования шва при сварке стыковых соединений, эти данные позволили предположить, что воздействие ПРМП при сварке позволит изменить геометрию сечения шва и снизить коэффициент концентрации напряжений. Ниже приведены результаты исследований, выполненных для подтверждения этого предположения.

На Полтавском заводе «Химмаш» основной продукцией являются емкости (сборники типов УНК) для химических производств. Внутренняя поверхность емкостей покрывается слоем эмали. Основой металл – листы из стали 08кп (ГОСТ 1050-88) толщиной 10-14 мм. Для листов толщиной $S = 10-14$ мм применяют тип сварного соединения С29 (без разделки кромок с гарантированным зазором). Швы выполняются проволокой марки Св-08ГА (ГОСТ 2246-70) диаметром 3-5 мм под флюсом АН-348А (ГОСТ 9087-81) на постоянном токе обратной полярности.

Первым (на флюсовой подушке) выполняется шов со стороны листа, которая будет подвергнута эмалированию (внутри сборника). Параметры режима сварки соответствуют требованиям ГОСТа 8713-79 для обеспечения геометрических размеров швов. Выборочными исследованиями, выполненными нами совместно с лабораторией главного сварщика завода «Химмаш», установлено, что среднее значение усиления швов (g) на изделиях, находятся в пределах требований ГОСТа 8713-79. Однако, после нанесения эмали в зоне сопряжения металла шва с основным металлом последняя отслоилась примерно на 50% общей длины швов (с двух сторон швов).

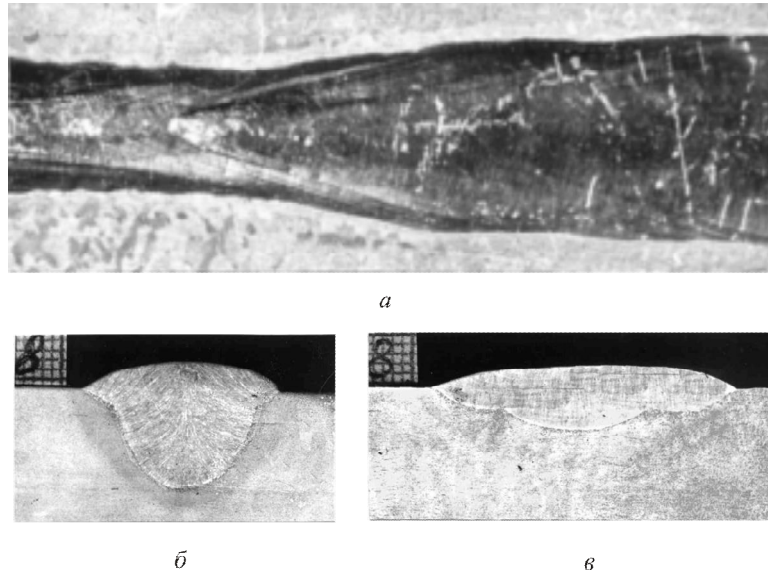


Рис. 3 – Внешний вид валика (а), наплавленного в продольном магнитном поле (наплавка слева направо, участок справа наплавлен с полем) и поперечные макрошлифы валика: б – участок без воздействия ПРМП; в – участок с воздействием ПРМП

Для устранения указанных трудностей при эмалировании усиления швов снимают заподлицо с основным металлом с помощью пневматических наждачных точил. Следовательно, целесообразным является либо снижение площади наплавленного металла для уменьшения трудоемкости работ по снятию усиления шва, либо (что более целесообразно) изменение геометрических параметров швов, чтобы уменьшить коэффициент концентрации напряжений. По данным исследований, выполненных на Полтавском заводе «Химмаш», эмаль не отслаивается, если шов имеет угол сопряжения $\theta < 35^\circ$. Обеспечить это требование возможно, если увеличить ширину шва (e) и (при неизменных параметрах режима сварки) уменьшив за счет этого высоту усиления шва (g) [2, 5].

Сварку выполняли при величине индукции $B_z = 40$ мТл проволокой Св-08А диаметром 4 мм под флюсом АН-348А на режиме: $I_{cs} = 550-570$ А, $U_d = 34-35$ В, $V_{cs} = 1,19$ см/с (43 м/ч). Установлено, что при сварке металла толщиной 10-12 мм без разделки кромок с использованием ПРМП частотой 50 Гц шов имел пригодную под эмалирование форму (угол $\theta < 35^\circ$) в диапазоне зазоров в стыке $e = 0-4$ мм (рис. 4, б). Это позволило отказаться от механической обработки швов под эмалирование (удалению усиления швов), и получить на Полтавском заводе «Химмаш» значительный экономический эффект.

На АО «Пожзащита» (г. Мариуполь) при сварке замыкающего стыка обечайки корпуса огнетушителя емкостью 10 л из стали 08кп толщиной 1,4 мм проволокой Св-08А диаметром 2 мм под флюсом ОСЦ-45 на медной водоохлаждаемой подкладке наблюдалось (периодически) образование прожогов. Сварку осуществляли на режиме: $I_{cs} = 200-220$ А, $U_d = 20-22$ В, $V_{cs} = 1-1,12$ см/с (36-40 м/ч). При попытке устранить прожоги уменьшением сварочного тока ухудшалась устойчивость горения дуги и формирование шва. При сварке на режимах, при которых образовывались периодически прожоги, также имело место плохое формирование шва, заключающееся в криволинейности шва и нестабильности по длине шва его ширины и высоты (рис. 5, а). Такие дефекты формирования шва связаны с блужданием катодного пятна дуги на

изделии, которые фиксируются в условиях быстрой кристаллизации шва (малых размеров ванны из-за малого тока сварки и диаметра электрода и значительной скорости сварки). Целесообразность использования ПРМП в этом случае была очевидной. Предварительными экспериментами в лабораторных условиях была подобрана оптимальная величина индукции постоянного ПРМП применительно к сварке проволокой диаметром 2 мм. Было установлено, что воздействие постоянного ПРМП не приводит к смещению оси шва, несколько уменьшает глубину проплавления основного металла и повышает пространственную устойчивость столба дуги в ПРМП.

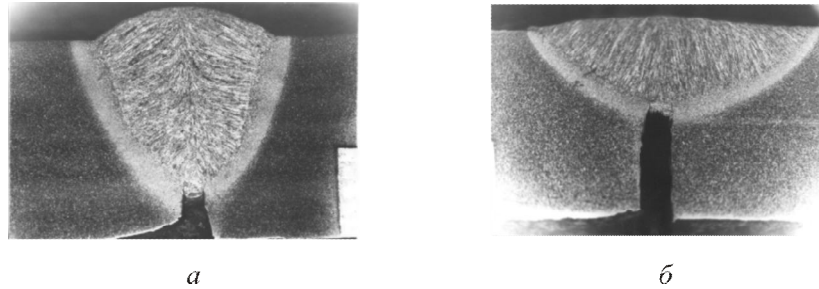


Рис. 4 – Макрошлифы стыковых сварных соединений стали толщиной 10 мм, выполненных без воздействия ПРМП (а) и с воздействием ПРМП (б)

Для создания постоянного ПРМП применительно к сварке в заводских условиях изготовлен электромагнит, состоящий из сердечника (1) из магнитомягкой стали (Ст.3) с отверстием для прохождения сварочной проволоки (5), на котором через слой изоляции (2) размещена обмотка (3) из трех витков из алюминиевой шины сечением 12×5 мм с изоляцией. Мундштук (4) с помощью резьбового соединения прижимает один из концов обмотки (3) к нижнему торцу сердечника (1). Ток наплавки проходил от сварочного выпрямителя (положительный полюс) через обмотку (3) к мундштуку (4) и далее к сварочной проволоке (5). Расстояние от нижнего торца сердечника (1) до изделия (6) составляло $h = 25-30$ мм (рис. 6). Для тока $I_{св} = 200$ А индукция $B_z = 60$ мТл. Если без ПРМП устанавливались параметры режима сварки: $I_{св} = 200-220$ А, $U_d = 20-22$ В, то при протекании этого тока (при сварке) в обмотке (3) возбуждалось постоянное ПРМП и происходило уменьшение этого тока до $I_{св} = 180$ А, а напряжение дуги увеличивалось до $U_d = 24-25$ В.

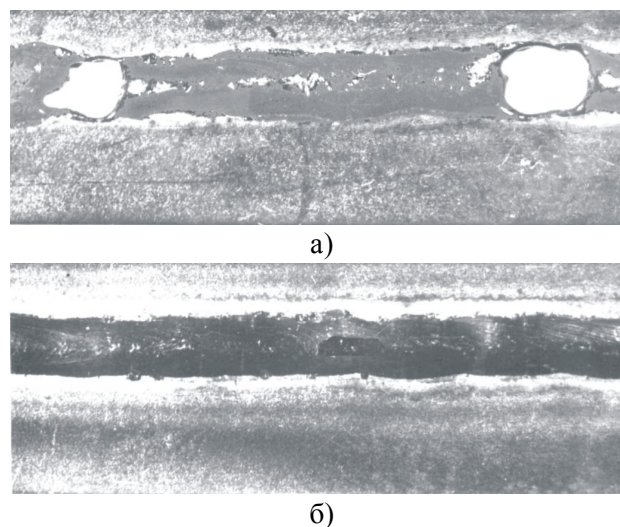


Рис. 5 – Вид шва с прожогами металла при сварке по заводской технологии (а) и шва при сварке с воздействием постоянном ПРМП (б)

Расход флюса при этом практически не изменялся. Однако, в связи с уменьшением проплавления дуги в ПРМП, прожоги в шве устранялись (рис. 5, б), шов становился

менее криволинейным, а размеры усиления шва (высота и ширина его) более стабильными. При воздействии ПРМП поры в шве не наблюдались.

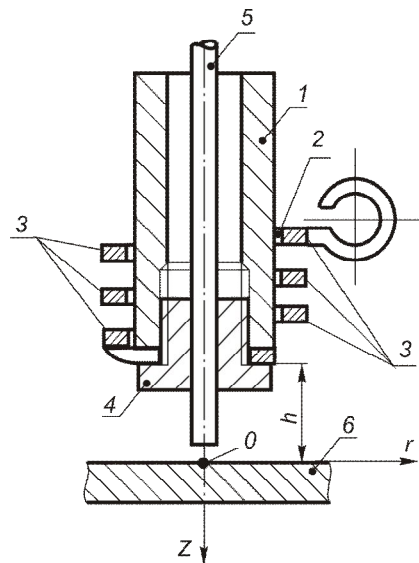


Рис. 6 – Устройство электромагнита генерирующего постоянное магнитное поле при сварке (обозначения расшифрованы в тексте)

Применение постоянного ПРМП при сварке корпусов огнетушителей позволило на АО «Пожзащита» получить существенный экономический эффект.

Таким образом, использование ПРМП позволило существенно уменьшить качество (долговечность) стыковых сварных соединений.

Выводы

1. Эффективным методом повышения качества и долговечности сварных конструкций со стыковыми соединениями является использование при стыковой сварке ПРМП.
2. Необходимо проводить дальнейшие исследования по установлению влияния ПРМП на форму и размеры сечения швов стыковых соединений и их служебные характеристики для широкого диапазона толщин металла.

Список использованных источников:

1. Таныгин В.А. Основы стандартизации и управления качеством / В.А. Таныгин. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 208 с.
2. Навроцкий Д.И. Расчет сварных соединений с учетом концентрации напряжений / Д.И. Навроцкий. – Л. : Машиностроение, 1968. – 170 с.
3. Черныш В.П. Сварка с электромагнитным перемешиванием / В.П. Черныш и др. – К. : Техника, 1983. – 127 с.
4. Березовский Б.М. Коэффициент концентрации напряжений в стыковых сварных соединениях / Б.М. Березовский, О.М. Бакши // Труды Челяб. политехн. института. Вопросы сварочного производства. – 1981. – № 266. – С. 3 – 10.
5. Бельчук Г.А. О некоторых закономерностях формирования сварного шва в месте сопряжения шва с основным металлом / Г.А. Бельчук, В.С. Налетов // Сварка в судостроении. – Вып. 79. – Л. : ЛКИ, 1972. – С. 21 – 28.

Bibliography:

1. Tanygin V.A. Bases of standardization and quality management / V.A. Tanygin – M.: Publ. house of standards. – 1989. – 208 p. (Rus.)
2. Navrotskii D.I. Weld joints computation taking into account tensions concentration / D.I. Navrotskii. – L.: Mashinostroenie, 1968. – 170 p. (Rus.)

3. Chernysh V.P. Welding with electromagnetic interfusion / V.P. Chernysh and other. – K.: Technics, 1983. – 127 p. (Rus.)
4. Berezovskii B.M. Tension concentration coefficient in the butt welded joint / B.M. Berezovskii, O.M. Bakshi // Works Chelyab. polytechn. institute. Voprosy svarochnogo proizvodstva. – 1981. – № 266. – P. 3 – 10. (Rus.)
5. Belchuk G.A. About some dependences of weld forming in the place of interface of weld with a parent metal / G.A. Belchuk, V.S. Naletov. // Svarka v sudostroenii. – Вып. 79. – L.: LKI, 1972. – P. 21 – 28. (Rus.)

Рецензент: В.В. Чигарев
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 19.03.2012

УДК 621.791.754:51-74

©Пентегов И.В.¹, Письменный А.С.², Петриенко О.И.³, Сидорец В.Н.⁴,
Рымар С.В.⁵, Жерносеков А.М.⁶, Петриенко Л.П.⁷

СРАВНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО И ЧИСЛЕННОГО МЕТОДОВ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Приведен сравнительный анализ аналитического и численного методов расчета режимов механизированной дуговой сварки сталей в среде защитных газов без коротких замыканий. Аналитическое решение уравнения теплопроводности Фурье, позволяет описать распределение температуры в нерасплавленной части вольта электрода. Показано, что результаты расчета, полученные с помощью аналитического и численного методов, практически совпадают, однако аналитический метод расчета кроме простоты обладает рядом других существенных преимуществ.

Ключевые слова: механизированная сварка, защитные газы, режимы сварки, расчет, аналитический метод, численный метод.

Пентегов І.В., Письменний О.С., Петрієнко О.І., Сидорець В.М., Рymar С.В., Жерносеков А.М., Петрієнко Л.П. Порівняння аналітичного і чисельного методів розрахунку режимів механізованого зварювання в середовищі захисних газів. Наведено порівняльний аналіз аналітичного та чисельного методів розрахунку режимів механізованого дугового зварювання сталей у середовищі захисних газів без коротких замикань. Аналітичний розв'язок рівняння теплопровідності Фур'є дозволяє описати розподіл температури в нерозплавленій частині вольту електрода. Показано, що результати розрахунку, отримані за допомогою аналітичного та чисельного методів, практично збігаються, однак аналітичний метод розрахунку крім простоти має ряд інших суттєвих переваг.

Ключові слова: механізоване зварювання, захисні газы, режими зварювання, розрахунок, аналітичний метод, чисельний метод.

¹ д-р техн. наук, профессор, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев

² д-р техн. наук, профессор, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев

³ канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев

⁴ д-р техн. наук, ст. науч. сотр., Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев

⁵ д-р техн. наук, ст. науч. сотр., Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев

⁶ канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев

⁷ инж., Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев