

## УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА

**В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук**

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: [office@paton.kiev.ua](mailto:office@paton.kiev.ua)

Рассмотрено влияние вида и типа электродной проволоки, характеристик ее плавления, а также состава защитного газа на сварочно-технологические свойства и технологическое качество сварных швов соединений из низколегированных сталей повышенной и высокой прочности. Отмечены пути и средства достижения стабильно высокого технологического качества швов, повышения производительности процесса и снижения уровня валовых выделений сварочного аэрозоля. Библиогр. 14, рис. 4.

*Ключевые слова:* механизированная дуговая сварка, низколегированные стали, электродная проволока, сварочно-технологические свойства, качество швов, производительность, сварочные аэрозоли

Современное состояние применения электродуговой автоматической и механизированной сварки плавлением в среде защитных газов характеризуется существенным расширением областей использования при создании металлоконструкций различного назначения из низколегированных сталей повышенной и высокой прочности. Основными факторами, способствующими расширению применения этих способов сварки, являются высокая производительность и оптимизация затрат, а также высокое качество сварных соединений [1–5].

В качестве электродного материала для указанных процессов наиболее широкое применение нашли низколегированные проволоки сплошного сечения, а также порошковые проволоки с металлическим типом сердечника. При этом наиболее часто защитная среда создается углекислым газом или газовыми смесями на основе аргона с добавлением углекислого газа [6]. С расширением применения механизированной сварки плавлением в среде защитных газов все больше внимания приходится уделять основным особенностям процесса, которые влияют на показатели качества сварных соединений, производительность работ, а также улучшение санитарно-гигиенических условий их проведения, что напрямую связано с экономическими затратами на изготовление металлоконструкций [7–10].

Исследования и экспериментальные работы, выполненные в Институте электросварки им. Е.О. Патона в этой области, были направлены на прояснение влияния вида и типа электродного материала, состава защитного газа на их сварочно-технологические свойства и технологическое качество сварных швов соединений из низколеги-

рованных сталей. Кроме того, оценивалось влияние этих факторов на показатели производительности и санитарно-гигиенические характеристики процесса. В качестве электродного материала применяли проволоки сплошного сечения, отвечающие требованиям стандарта ДСТУ ISO 14341 [11], и порошковые проволоки для дуговой сварки низколегированных сталей повышенной и высокой прочности по стандартам ДСТУ ISO 17632 [12] и ДСТУ ISO 18276 [13]. Создание защитной газовой среды обеспечивалось соответственно рекомендациям производителей сварочных проволок и в соответствии со стандартом ДСТУ ISO 14175 [14]. В качестве основного металла использовали пластины низколегированной стали 09Г2С толщиной от 6 до 18 мм, обработанные для выполнения угловых и стыковых соединений с рекомендуемой разделкой кромок. Сварочное оборудование включало два основных типа комплектов: тиристорный ВДУ-506 и инверторный «TransSynergic 5000 Fronius» с соответствующими подающими механизмами и автоматической сварочной головкой. Параметры режима сварки устанавливались в соответствии с рекомендациями изготовителя проволоки. В качестве электродных материалов выбрали проволоку сплошного сечения типа G46 3С (М) (ESAB), проволоки порошковые типа T50 (46) С (М) Z (ОЗСМ ИЭС им. Е.О. Патона, Alloy Rods, Oerlikon, KOBELCO).

Для оценки характеристик горения дуги и переноса электродного металла использовали видеосъемку. Потери электродного металла регистрировали по расходу электродного материала и с помощью оценки уровня набрызгивания после очистки соединения. Оценку санитарно-гигиенических характеристик проводили по интенсивно-

сти выделения твердой составляющей сварочного аэрозоля (ТССА) и его составу [10].

Размеры и форма сварных швов изучались путем обмера поперечных шлифов, вырезанных из сваренных образцов после шлифовки и травления в растворе соляной кислоты. Для определения площади поперечного сечения использовали микроскоп «Quantimet». В качестве основных показателей для сравнения принимали глубину проплавления, ширину шва, форму усиления, общую площадь сечения, а также оценивали дефекты в зоне сплавления. Ниже изложены в обобщенном виде результаты проведенных исследований и представления авторов относительно совершенствования процесса механизированной сварки в среде защитного газа.

**Влияние характеристик плавления проволоки и переноса металла на сварочно-технологические свойства.** Плавление проволоки и перенос электродного металла в сварочную ванну определяется в общем случае сечением (диаметром) проволоки и параметрами режима сварки, а также составом защитной газовой среды. Основные виды переноса классифицируются как капельный, струйный и струйно-капельный. Ключевую роль в изменении характеристик переноса играет влияние пинч-эффекта на торцевую часть плавящейся проволоки, вызванное снижением поверхностного натяжения расплавленного металла. Состав защитной газовой среды, также как и тип, и состав электродной проволоки влияют на

термическую проводимость, ионный потенциал зоны горения дуги и, таким образом, на характер плавления проволоки. Диаметр (для проволок сплошного сечения) или толщина токопроводящей оболочки порошковой проволоки определяют величину параметров дуговой сварки, при которых влияние пинч-эффекта приводит к изменению характера горения дуги и плавления конца проволоки. На рис. 1 представлены упрощенные схемы переноса металла при сварке проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, характеризующиеся как капельный, так и струйный (струйно-капельный).

Основное различие при использовании проволоки сплошного сечения и порошковой проволоки заключается в том, что при струйном переносе плавящейся проволоки сплошного сечения переход металла фокусируется по центру горения дуги, а порошковой проволоки — по сечению оболочки, при этом металл сердечника переходит в сварочную ванну в центральной зоне. Наличие в составе сердечника порошковой проволоки шлакообразующих материалов и порошков металлов и химических соединений с низким потенциалом ионизации, влияющих на свойства шлакового расплава, оказывает влияние на поверхностное натяжение расплавленного металла сварочной ванны, что позволяет регулировать форму поверхности сварного шва. Для дуговой сварки в среде защитных газов используются порошковые проволоки, главным образом, с двумя типами порошкового сердечника — шлакообразующим, который обеспечивает создание шлаковой защиты и осуществляет металлургическую обработку расплава соответствующего типа (рутиловый или основной), и металлический, основу которого составляют порошки железа и сплавов с небольшой долей активных химических соединений (менее 1,5 мас. %). Состав газовой защитной среды играет ключевую роль, определяя термическую проводимость дугового промежутка и степень развития окислительных процессов при переносе электродного металла и в сварочной ванне.

Проволоки сплошного сечения содержат в своем составе элементы раскислители и легирующие примеси, которые обеспечивают получение металла шва заданного состава, определяющего уровень механических свойств сварного соединения применительно к классу прочности свариваемых сталей. Тип применяемого электродного материала (проволоки), как и состав газовой защитной среды, в значительной мере определяет не только показатели механических свойств металла шва и сварного соединения, но и технологические характеристики и качество сварных соединений.

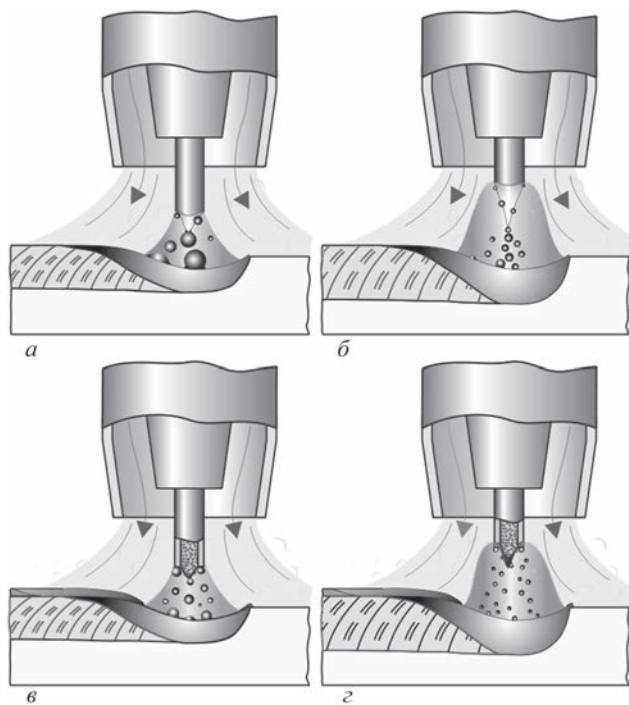


Рис. 1. Режимы переноса электродного металла при сварке проволокой сплошного сечения (а, б) и порошковой проволокой (в, г) при сварке в  $\text{CO}_2$  (а, в) и в смеси  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  (б, г)

### Технологическое качество сварных швов.

Формирование качественного с технологической точки зрения сварного шва определяется его геометрией (глубиной и формой проплавления), соответствием проектным размерам, отсутствием повреждений основного металла и полным заполнением стартового и конечного (кратера) участков. Выполнение этих требований существенно облегчается, если рекомендуемая техника сварки не требует дополнительных манипуляций, кроме перемещения горелки по траектории соединения и, тем более, дополнительного регулирования параметров режима сварки, установленного регламентом процесса.

Защитная газовая среда играет существенную роль как в процессе переноса электродного металла в сварочную ванну, так и в технологических характеристиках, определяющих глубину проплавления и форму сварного шва, а также производительность процесса сварки в целом. Широко используемая защита зоны плавления углекислым газом благодаря высокой теплопроводности обеспечивает достаточно большую глубину проплавления и производительность сварочного процесса. Тем не менее, использование такой газовой защиты, обладающей высоким окислительным потенциалом, требует соблюдения техники сварки и параметров режима для обеспечения заданных размеров и формы шва из-за склонности к образованию подрезов основного металла и выпуклости центральной части поверхности шва. Кроме того, изменение параметров режима сварки может приводить как к увеличению потерь металла на разбрызгивание, так и к повышенному угару легирующих элементов из проволоки.

Использование все еще широко распространенного способа сварки проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой в среде углекислого газа сопровождается потерей части раскисляющих и легирующих элементов, выделяющихся в атмосферу вместе со сварочным аэрозолем. При использовании проволок сплошного сечения отмечается также значительное влияние параметров режима (особенно скорости выполнения шва) на форму и размеры сварных швов. Использование проволок со шлаковым или металлпорошковым наполнителем позволяет существенно улучшить технологические характеристики за счет влияния образующегося шлакового расплава и специфических характеристик плавления проволоки, обеспечивающих измельчение переносимых капель расплавленного металла оболочки и сердечника проволоки, а также технологических свойств шлака, который обеспечивает защиту поверхности сварочной ванны от окисле-

ния. Тем не менее, в обоих случаях не обеспечивается достижение струйно-капельного переноса электродного металла. Кроме того, использование порошковой проволоки со шлакообразующим наполнителем связано с необходимостью удаления шлаковой корки после каждого сварочного прохода. Достижение характеристик струйно-капельного переноса электродного металла возможно только при использовании проволок малого диаметра при высоких параметрах режима сварки.

Основное влияние на формы переноса электродного металла оказывает тепловая мощность, которая затрачивается на плавление электродной проволоки, непрерывно подаваемой в зону плавления. Величина этой тепловой мощности зависит от полярности сварочного тока, параметров режима сварки, а также от состава используемого защитного газа. Мощность, необходимую для стабильного поддержания сварки, регулируют по принятой скорости подачи проволоки в зону плавления. При малой величине мощности, выделяемой в зоне оплавления проволоки, перенос электродного металла осуществляется каплями расплавленного металла с короткими замыканиями дугового промежутка. При наибольшей мощности — перенос электродного металла принимает форму струйного (перенос металла мелкими капельками без коротких замыканий дугового промежутка). Струйный перенос наиболее стабилен по параметрам плавления и позволяет резко снизить потери электродного металла в результате разбрызгивания.

Для достижения струйного характера переноса электродного металла во всех диапазонах режима сварки в качестве защитного газа используют аргон. При сварке в смеси газов на основе аргона (например,  $Ar + CO_2$ ) начало перехода от капельного к струйному типу переноса происходит, когда дуга с торца проволоки частично переходит на боковые поверхности конца проволоки. При этом внешний вид конца проволоки принимает форму, близкую конусной. При сварке в углекислом газе требуется повышать мощность дуги за счет увеличения напряжения дуги (так как величина сварочного тока связана со скоростью подачи проволоки). Наиболее рациональным процессом в современной технологии сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов полагают процесс, в котором используются газовые смеси на основе аргона. Наиболее широко применяется газовые смеси типа M21 по ISO 14175 —  $Ar +$  от 5 до 25 об. %  $CO_2$ . Добавка  $CO_2$  к аргону позволяет снизить негативное влияние излишне высокого теплового излучения на оператора-сварщика. Использование таких смесей на



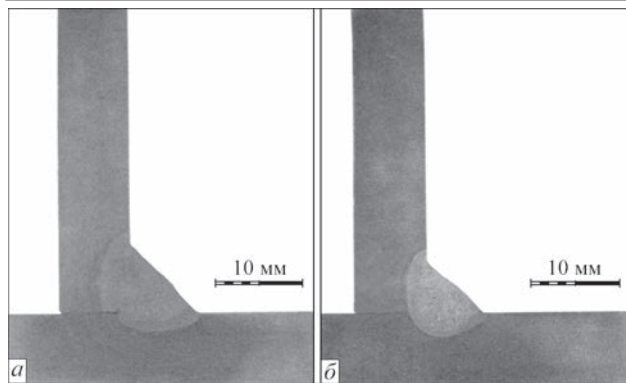


Рис. 2. Сечения однопроходных угловых сварных соединений металла толщиной 8 мм, выполненных проволокой сплошного сечения (а) и порошковой проволокой (б) в атмосфере защитного газа M21 ( $\text{Ar} + 18 \text{CO}_2$ ) в автоматическом режиме основе аргона позволяет существенно улучшить форму проплавления и геометрию поверхности шва, а также минимизировать потери электродного металла на разбрызгивание. На рис. 2 представлены типичные сечения угловых сварных соединений, выполненных проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой с металлопорошковым сердечником в углекислом газе и газовой смеси типа M21.

Мировая практика свидетельствует о существенном увеличении объемов применения механизированной сварки в среде газовых смесей, в частности, с применением проволок сплошного сечения и порошковых проволок с металлопорошковым типом сердечника, обеспечивающих струйно-капельный перенос электродного металла в широком диапазоне параметров режима сварки. Такая технология является менее чувствительной к влиянию субъективного фактора и хорошо применима для автоматических процессов сварки с высокой производительностью.

**Влияние типа электродной проволоки и состава защитной газовой среды на санитарно-гигиенические характеристики и производительность процесса.** Электродугловая сварка плавлением всегда сопровождается выделением сварочного аэрозоля. Оценка общего количества аэрозоля и его состава служат исходными данными для выработки требований по защите органов дыхания сварщиков-операторов и организации работы систем удаления сварочного аэрозоля из рабочей зоны и общецехового пространства. Основное внимание уделяется наличию и количеству наиболее токсичных составляющих. Для случая сварки низколегированных сталей одним из наиболее токсичных считают марганцовистые выделения. Поскольку на объемы выделения сварочного аэрозоля влияют тип материала, состав защитной газовой среды и параметры режима сварки, оценку опасности проводят во всем диа-

пазоне режимов сварки, так как токсическое действие аэрозоля зависит не только от состава и дисперсности частиц, но и степени их агломерации в процессе выделения, ряда других факторов.

Использование проволок сплошного сечения и порошковых проволок при сварке в среде углекислого газа связано с развитием окислительных реакций еще на стадии нагрева и плавления проволоки, что вызывает необходимость учета их потерь для гарантированного достижения необходимого состава металла сварного шва и получения требуемого качества и служебных свойств сварного соединения. Общий уровень валовых выделений в случае использования порошковых проволок со шлакообразующим наполнителем выше, чем при использовании проволок сплошного сечения и порошковых с металлопорошковым наполнителем. Однако наличие шлакового расплава приводит к снижению уровня выгорания элементов-раскислителей и легирующих элементов, что, в итоге, позволяет понизить уровень токсичности аэрозоля.

При сварке в среде смеси газов на основе аргона уровень валовых выделений аэрозоля и его токсичной составляющей существенно ниже. Использование порошковых проволок с металлическим типом сердечника позволяет снизить общий уровень валовых выделений аэрозоля до уровня, характерного для использования проволок сплошного сечения (рис. 3).

Производительность процесса электродугловой сварки, оцениваемая по количеству наплавленного металла (рис. 4), не полностью отражает реальную производительность выполнения сварных швов при изготовлении металлоконструкций, так как не учитывает влияние возможного отклонения размеров швов от проектных, в частности, формы поверхности (усиления), величины возможных потерь на разбрызгивание электродного металла

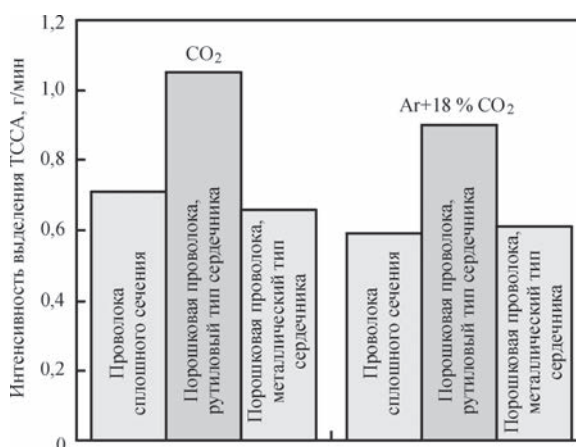


Рис. 3. Типичная интенсивность выделения сварочного аэрозоля при сварке проволокой сплошного сечения и порошковыми проволоками в среде защитного газа

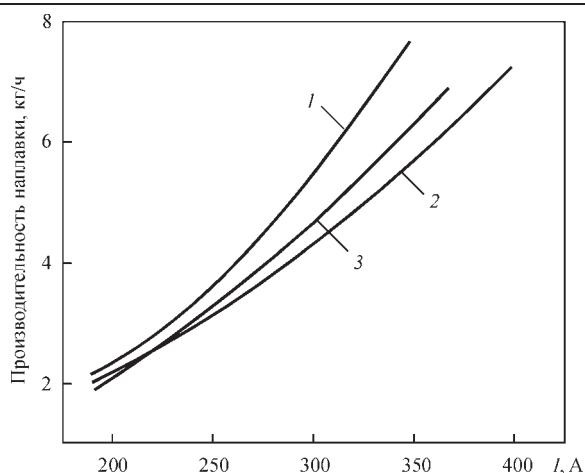


Рис. 4. Типичная производительность наплавки электродными проволоками диаметром 1,2 мм различного типа в атмосфере защитного газа M21 ( $Ar + 18 CO_2$ ): 1 — порошковыми проволоками с металлическим типом сердечника; 2 — рутиловым типом; 3 — проволокой сплошного сечения

в реальных условиях. Сравнительными экспериментами установлено, что скорость сварки (время выполнения) швов равного проектного размера повышается на 5 ... 15 % в случае использования сварки в среде смеси газов типа M21 вместо углекислого газа. Это достигается не только за счет снижения потерь на угар и разбрызгивание, но и благодаря более точному соответствию размерам и форме усиления проектным, что отражается на экономических показателях изготовления сварных металлоконструкций. Дополнительные экономические преимущества также могут быть достигнуты при использовании порошковых проволок взамен проволок сплошного сечения за счет уменьшения объема металла сварного шва, например, при выполнении однопроходных угловых соединений (рис. 2).

### Заключение

Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований по влиянию вида и типа электродной проволоки, защитного газа, может служить обоснованием выбора наиболее рациональных путей улучшения технологического качества сварных соединений, повышения производительности сварочных работ и улучшения санитарно-гигиенических характеристик.

Повышенные затраты на сварочные материалы (порошковые проволоки, газовые смеси аргона с углекислым газом) компенсируются не только повышением производительности сварочного процесса, но и снижением общих затрат на выполнение сварных соединений за счет устранения потерь электродного металла, а также улучшения формы и более полного соответствия размеров и формы швов проектным. Все это позволяет сни-

зить стоимость изготовления сварных металлоконструкций и повысить их качество.

### Список литературы

- Adonyi Y., Nadzam J. (2005) Gas metal arc welding. *New Developments in Advanced Welding*. Dr. Nasir Ahmed (Ed.). England, Cambridge: Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies, 1–20.
- Шлепаков В.Н., Котельчук А.С., Наумейко С.М., Билинец А.В. (2005) Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки. *Автоматическая сварка*, 6, 18–22.
- Потапьевский А.Г. (2007) *Сварка в защитных газах плавящимся электродом*. Ч. 1. Сварка в активных газах. Изд. 2-е, перераб. Киев, ЭкоТехнология.
- Widgery D. (2005) Tubular cored wire welding. *New developments in advanced welding*. Dr. Nasir Ahmed (Ed.). England, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 21–39.
- Millar D. (2014) Modern seamless gas shielded flux cored arc welding and gas shielded metal cored arc welding wires for high productivity. *Welding and Cutting*, 12, 2, 86–90.
- Vaidya V.V. (2002) Shielding Gas Mixtures for Semiautomatic Welds Shielding gas blends are designed to enhance semiautomatic welding on a variety of ferrous and nonferrous metals. *Welding Journal*, 9, 43–48.
- Шлепаков В.Н. (2011) Современные электродные материалы и способы электродуговой сварки плавлением (Обзор). *Автоматическая сварка*, 10, 31–35.
- Brown K.J. (2000) Fume composition related to welding processes and consumables. *Welding in the World*, 44, 1, 39–40.
- Pohmann G., Holzinger C., Spiegel-Ciobanu V.E. (2013) Comparative investigations in order to characterise ultrafine particles in fumes in the case of welding and allied processes. *Welding and Cutting*, 12, 2, 97–105.
- Походня И.К., Шлепаков В.Н., Супрун С.А. и др. (1983) *Методика первичной санитарно-гигиенической оценки порошковых проволок*. Киев, ИЭС им. Е.О. Патона.
- (2011) ДСТУ EN ISO 14341:2010 *Зварювальні матеріали. Дротяні електроди і наплавлення для дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей у захисному газі*.
- (2015) ДСТУ EN ISO 17632:2015 (EN ISO 17632:2008, IDT; ISO 17632:2004, IDT) *Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей у захисному газі і без захисного газу. Класифікація*. ISO 17632:2008 (En).
- (2005) ДСТУ EN ISO 18276:2015 (EN ISO 18276:2006, IDT; ISO 18276:2006, IDT) *Матеріали зварювальні. Дріт порошковий для зварювання високоміцних сталей в захисних газах*.
- (2010) ДСТУ EN ISO 14175:2014 (EN ISO 14175:2008, IDT) *Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання*. EN ISO 14175:2008 (En).

### References

- Adonyi, Y., Nadzam, J. (2005) Gas metal arc welding. *New developments in advanced welding*. Ed. by Nasir Ahmed. England, Cambridge: Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies, 1–20.
- Shlepakov, V.N., Kotelchuk, A.S., Naumejko, S.M. et al. (2005) Influence of the composition of flux-cored wire core and shielding gas on the stability of arc welding process. *The Paton Welding J.*, 6, 16–20.
- Potapievsy, A.G. (2007) *Consumable electrode shielded-gas welding*. Pt 1: Welding in active gases. 2nd ed. Kiev, Ekotekhnologiya [in Russian].
- Widgery, D. (2005) *Tubular cored wire welding. New developments in advanced welding*. Ed. by Nasir Ahmed. England, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 21–39.
- Millar, D. (2014) Modern seamless gas shielded flux cored arc welding and gas shielded metal cored arc welding wires for high productivity. *Welding and Cutting*, 12(2), 86–90.

6. Vaidya, V.V. (2002) Shielding gas mixtures for semiautomatic welds shielding gas blends are designed to enhance semiautomatic welding on a variety of ferrous and nonferrous metals. *Welding J.*, **9**, 43-48.
7. Shlepakov, V.N. (2011) Current consumables and methods of fusion arc welding (Review). *The Paton Welding J.*, **0**, 26-29.
8. Brown, K.J. (2000) Fume composition related to welding processes and consumables. *Welding in the World*, **44(1)**, 39-40.
9. Pohmann, G., Holzinger, C., Spiegel-Cionabu, V.E. (2013) Comparative investigations in order to characterise ultrafine particles in fumes in the case of welding and allied processes. *Welding and Cutting*, **12(2)**, 97-105.
10. Pokhodnya, I.K., Shlepakov, V.N., Suprun, S.A. et al. (1983) *Procedure of primary sanitary and hygienic evaluation of flux-cored wires*. Kiev, PWI [in Russian].
11. (2011) DSTU EN ISO 14341:2010: *Welding consumables. Wire electrodes and deposits for gas shielded metal arc welding of non-alloy and fine grain steels*. Classification. German version EN ISO 14341:2011 [in Ukrainian].
12. (2015) DSTU EN ISO 17632:2015 (EN ISO 17632:2008, IDT; ISO 17632:2004, IDT): *Welding consumables. Tubular cored electrode for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of non-alloy and fine grain steels*. Classification. ISO Office, Switzerland [in Ukrainian].
13. (2005) DSTU EN ISO 18276: 2015 (EN ISO 18276:2006, IDT; ISO 18276:2006, IDT): *Welding consumables. Tubular cored electrodes for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of high-strength steels*. Classification. ISO Office, Switzerland [in Ukrainian].
14. (2010) DSTU EN ISO 14175:2014 (EN ISO 14175:2008, IDT): *Welding consumables. Shielding gases for arc welding and cutting*. ISO Office, Switzerland [in Ukrainian].

## ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНОГО ГАЗУ

В.М. Шлепаков, О.С. Котельчук

ІЕЗ ім. С.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Розглянуто вплив виду та типу електродного дроту і характеристик його плавлення, а також складу захисного газу на зварювально-технологічні властивості і технологічну якість зварних швів з'єднань з низьколегованих сталей звичайної та підвищеної міцності. Відзначено шляхи і засоби досягнення стабільно високої технологічної якості швів, підвищення продуктивності процесу і зниження рівня валових виділень зварювального аерозолу. Бібліогр. 14, рис. 4.

*Ключові слова:* механізоване дугове зварювання, низьколеговані сталі, електродний дріт, зварювально-технологічні властивості, якість швів, продуктивність, зварювальні аерозолі

## IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL AND SANITARY-HYGIENIC CHARACTERISTICS OF ARC WELDING PROCESS IN SHIELDING GAS ENVIRONMENT

V.N. Shlepakov, A.S. Kotelchuk

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.  
11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: office@paton.kiev.ua

The influence of kind and type of electrode wire, characteristics of its melting, as well as composition of shielding gas on welding and technological properties and technological quality of welds of joints of low-alloyed steels of increased and high strength is considered. The ways and means of achieving a consistently high technological quality of welds, increasing the efficiency of the process and reducing the level of gross evolutions of welding aerosol are noted. 14 Ref., 4 Fig.

*Key words:* mechanized arc welding, low-alloyed steels, electrode wire, welding and technological properties, weld quality, efficiency, welding aerosols

Поступила в редакцію 12.04.2019

Всеукраїнська конференція

### ПРОБЛЕМИ ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Присвячується 60-річчю кафедри зварювального виробництва НУК*

17–19 вересня 2019 р.

Миколаїв, Коблеве

#### Тематичні напрямки роботи конференції:

- Технології, матеріали та устаткування зварювання плавленням
- Нові конструкційні матеріали та покриття
- Зварювання у твердому стані
- Міцність зварних та спаяних з'єднань
- Паяння та споріднені процеси
- Комп'ютерне моделювання та експериментальні дослідження напружено-деформованого стану зварних і спаяних з'єднань
- Інженерія поверхні

#### Оргкомітет:

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова  
Вчений секретар оргкомітету – Костін Олександр Михайлович  
тел. +38(050) 982-97-67; E-mail: kcostin.weld@gmail.com