



Фетисова Екатерина  
Анатольевна

Икатрина Анатольевна Фетисова

Ст. преподаватель каф.

«Оборудование и  
технология сварочного  
производства»

«Белорусско-Российский  
университет»,

Медица بقسم معدات وتكنولوجيا إنتاج

اللحام في الجامعة البيلاروسية

الروسية بمجبلوف

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДУГОВОЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ С МОДИФИКАЦИЕЙ ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ГАЛОГЕНДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ

الميزات التكنولوجية لعمليات اللحام بالقوس الكهربائي والسطوح مع تعديل بيئة الغاز الواقية بمركب الهالوجين



Коротеев Артур  
Олегович

أرثر أوليجوفيتش كورتееف

ك.т.н., доцент, зав. каф.

«Оборудование и  
технология сварочного  
производства»

«Белорусско-  
Российский

университет»,

استاذ مشارك ورئيس قسم

معدات وتكنولوجيا إنتاج اللحام

في الجامعة البيلاروسية

الروسية بمجبلوف

**Аннотация:** разработана технология дуговой сварки и наплавки, которая способствует интенсификации происходящих металлургических процессов, путем модификации защитной газовой среды галогенидным соединением SF<sub>6</sub>. Проведены экспериментальные исследования, которые позволили выявить особенности и плавления присадочной сварочной проволоки, а также ее устьевую закономерность и зависимость между частотой коротких замыканий дугового промежутка и коэффициентом потерь на разбрызгивание электродного металла при сварке и наплавке при различных значениях параметров режима в условиях модификации защитной газовой среды. Определены оптимальные количественные соотношения вводимого гексафторида серы в защитную среду, а также значения параметров режима для эффективного практического применения.

**Ключевые слова:** дуговая сварка в защитных газах, частота коротких замыканий дугового промежутка, гексафторид серы (SF<sub>6</sub>), модификация защитной газовой среды, коэффициент потерь электродного металла.

**الخلاصة:** تم تطوير تقنية اللحام القوسي والتسطيح، مما يساهم في تكثيف العمليات المعدنية الجارية من خلال تعديل بيئة الغاز الواقية باستخدام مركب الهاليد SF<sub>6</sub>. تم إجراء دراسات تجريبية مكثفة من تحديد ميزات ذوبان سلك اللحام الحشو، وكذلك تحديد أنماط الاعتماد بين تردد الدوائر القصيرة لفجوة القوس ومعامل الخسارة لتناثر معدن القطب أثناء اللحام والسطح بقيم مختلفة لمعاملات الوضع في ظل ظروف تعديل بيئة الغاز الواقية. تم تحديد النسب الكمية المثلى لسداسي فلوريد الكبريت الذي يتم إدخاله في البيئة الواقية، بالإضافة إلى قيم معاملات الوضع للتطبيق العملي الفعال.

**الكلمات المفتاحية:** اللحام القوسي في الغازات الواقية، تكرار الدوائر القصيرة لفجوة القوس، سداسي فلوريد الكبريت (SF<sub>6</sub>)، تعديل بيئة الغاز الواقية، معامل فقدان معدن القطب.

## Введение

В настоящее время совершенствование технологических процессов сварки связано с разработкой новых подходов к управлению переносу электродного металла, которые базируются на программном задании характера изменения электрических параметров источника питания. При этом существующие сварочные технологии почти полностью зависят от возможностей оборудования и определяются как электротехнические решения. Появление новых материалов с многокомпонентной системой легирования и обладающих уникальными свойствами, а также комплексом характеристик, формируемых в условиях сложного термомеханического воздействия в процессе их металлургического производства, требуют нового подхода и решений к существующим технологиям сварочного процесса, которые не будут ограничиваться цифровыми возможностями оборудования. Перспективным совершенствованием технологии дуговой сварки является модификация защитной газовой атмосферы галогенидным соединением SF<sub>6</sub>, которое позволяет существенно изменить характер протекания сварочных процессов и повысить их эффективность в случае сварки сталей со сложными системами легирования и упрочнения. Работа проведена в тесной связи с промышленностью при производстве элементов металлоконструкций грузоподъемных кранов на ОАО «Могилевтрансмаш» филиал ОАО МАЗ управляющая компания холдинга БЕЛАВТОМАЗ, а также при производстве кузовов самосвалов на ОАО «БЕЛАЗ» в г. Могилеве (рисунок 1).

## Результаты и обсуждения

В работе проведены исследования коэффициента потерь на разбрызгивания и частоты коротких замыканий дугового промежутка, которые являются одними из основных показателей, определяющих технологические параметры процесса сварки. Наплавка образцов выполнялась дуговой сваркой с модификацией защитного газа 82% Ag + 18% CO<sub>2</sub> галогенидным соединением SF<sub>6</sub> в процентном количестве от 0-2% при скоростях подачи присадочной проволоки равной 2,3 м/мин, 3,7 м/мин, 5,3 м/мин и 7,7 м/мин (что соответствует диапазону значений силы сварочного тока 98-305 А) и при значениях напряжения на дуге от 15,5 до 25 В. По результатам проведенных исследований были определены области параметров режима для наиболее оптимального протекания процесса сварки с точки зрения минимизации потерь электродного металла. Введение SF<sub>6</sub> в состав защитной газовой атмосферы Ag + CO<sub>2</sub> при сварке и наплавке сдвигает указанную выше область в сторону больших значений напряжений на дуге, что обусловлено необходимостью увеличения длины дуги и ее мощности для стабилизации в условиях высокого значения потенциала ионизации фтора. Кроме того, гексафторид серы в составе традиционной защитной газовой смеси позволяет при повышении напряжения предотвратить отклонение дуги и ее «блуждание» из-за чрезмерной длины столба посредством сжатия, что благоприятно сказывается на значении коэффициента потерь электродного металла. Установлено, что наплавка на повышенных значениях напряжения на дуге (увеличение на 2...4 В) позволяет повысить частоту коротких замыканий дугового промежутка, а введение SF<sub>6</sub> в традиционную защитную газовую смесь изменяет характер его существования.



Рис 1. Металлоконструкция кузовов самосвалов на ОАО «БЕЛАЗ»

## Заключение

Разработанная технология может найти практическое применение в использовании, т.к. позволяет повысить производительность процесса путем интенсификации металлургических механизмов при сварке и наплавке, за счет модификации защитной газовой среды галогенидным соединением, что благоприятно сказывается на значении коэффициента потерь электродного металла, который влияет на расход сварочных материалов, а, следовательно, на экономические показатели процесса.

## المقدمة

حاليًا، يرتبط تحسين عمليات اللحام التكنولوجية بتطوير أساليب جديدة للتحكم في نقل معدن الإلكترود، والتي تعتمد على مواصفات البرامج لطبيعة التغيرات في المعلمات الكهربائية لمصدر الطاقة. وفي الوقت نفسه، تعتمد تقنيات اللحام الحالية بشكل كامل تقريبًا على قدرات المعدات ويتم تعريفها على أنها حلول كهربائية. إن ظهور مواد جديدة بنظام صناعة السبائك متعدد المكونات وتمتلك خصائص فريدة، بالإضافة إلى مجموعة من الخصائص التي تشكلت في ظل ظروف التأثير الميكانيكي الحراري المعقد أثناء إنتاجها المعدني، يتطلب نهجًا وحلولًا جديدة لتقنيات عملية اللحام الحالية التي لن تكون محدودة من خلال القدرات الرقمية للمعدات. من التحسينات الواعدة في تكنولوجيا اللحام بالقوس الكهربائي تعديل الغلاف الجوي الغازي الواقية باستخدام مركب الهاليد SF<sub>6</sub>، والذي يمكن أن يغير بشكل كبير طبيعة عمليات اللحام ويزيد من كفاءتها في حالة لحام الفولاذ بأنظمة معقدة من السبائك والتقوية. تم تنفيذ العمل بشكل وثيق مع الصناعة في إنتاج عناصر الهياكل المعدنية لرافعات الرفع في شركة مجيلوفترانسماش إحدى فروع شركة ماز البيلاروسية للشاحنات القلابة في الشكل 1 من الشركة في موبيليف.

## النتائج والمناقشة

تم إجراء دراسات حول معامل فقدان التناثر وتكرار الدوائر القصيرة لفجوة القوس، والتي تعد أحد المؤشرات الرئيسية التي تحدد المعلمات التكنولوجية لعملية اللحام. تم تنفيذ تسطيح العينات عن طريق اللحام القوسي بغاز حماية معدن بنسبة 82% Ag + 18% ثاني أكسيد الكربون مع مركب هاليد SF<sub>6</sub> بنسبة 0-2% عند سرعات تغذية سلك الحشو 2.3 م/دقيقة، 3.7 م/دقيقة، 5.3 م/دقيقة و 7.7 م/دقيقة (وهو ما يتوافق مع نطاق قيم تيار اللحام 98-305 أمبير) وعند قيم جهد القوس من 15.5 إلى 25 فولت. تم تحديد مناطق معاملات الوضع للندفك الأمثل من خلال عملية اللحام من وجهة نظر تقليل خسائر معدن القطب. يؤدي إدخال SF<sub>6</sub> في الغلاف الجوي الغازي الواقية Ag + CO<sub>2</sub> أثناء اللحام والتسطيح إلى تحويل المنطقة المذكورة أعلاه نحو قيم أعلى لجهد القوس، وهو ما يرجع إلى الحاجة إلى زيادة طول القوس وقدرته على التثبيت في ظل ظروف ارتفاع الفلور إمكانات التأين. بالإضافة إلى ذلك، فإن سداسي فلوريد الكبريت الموجود في خليط الغاز الواقية التقليدي يجعل من الممكن، عند زيادة الجهد، منع انحراف القوس و"تجوله" بسبب الطول المفرط للعمود من خلال الضغط، مما له تأثير مفيد على قيمة الخسارة معامل معدن القطب. لقد ثبت أن التسطيح عند قيم متزايدة من جهد القوس (زيادة بمقدار 2...4 فولت) يجعل من الممكن زيادة تردد الدوائر القصيرة لفجوة القوس، وإدخال SF<sub>6</sub> في خليط الغاز الواقية التقليدي يغير طبيعة وجوده.



الشكل 1. الهياكل المعدنية لأجسام الشاحنات القلابة في شركة BELAZ

## الخاتمة

التكنولوجيا المتقدمة يمكن أن تجد التطبيق العملي في الاستخدام، لأن يسمح لك بزيادة إنتاجية العملية من خلال تكثيف الآليات المعدنية أثناء اللحام والتسطيح، وذلك بسبب تعديل بيئة الغاز الواقية بمركب الهاليد، مما له تأثير مفيد على قيمة معامل الخسارة لمعدن القطب، مما يؤثر على استهلاك مواد اللحام، وبالتالي على المؤشرات الاقتصادية للعملية.

## المراجع والمصادر References

1. Коротеев, А.О. Дуговая сварка с функциональной модификацией защитной газовой атмосферы галогенидными соединениями / А.О. Коротеев, Е.А. Фетисова // Материалы ГМНТК «Актуальные вопросы и передовые технологии сварки в науке и промышленности». - Могилев: «Белорусско-Российский университет». -2022. - С. 112-118
2. Фетисова, Е.А. Технология дуговой сварки с введением модифицирующих газовых компонентов в защитную атмосферу / Е.А. Фетисова, А.О. Коротеев, А.А. Коротеева // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Сборник статей. Брестский государственный технический университет, Бр.ГТУ 2022г.. Стр.175-178.
3. Фетисова, Е.А. Особенности металлургических процессов при дуговой сварке с модификацией защитной газовой атмосферы галогенидными соединениями / Е. А. Фетисова, А. О. Коротеев, А. А. Коротеева // Вестник Белорусско-Российского университета: науч.-метод. журнал / редкол.: М. Е. Лустенков [и др.] . - Могилев: «Белорусско-Российский университет». -2022. - N 1(74).- С. -87-96