

УДК 621.791

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЛОГЕНИДНЫХ
ГАЗООБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ
И НАПЛАВКЕ
PROSPECTS FOR THE USE OF HALIDE GASEOUS COMPOUNDS IN ARC
WELDING AND SURFACING**

Фетисова Е.А., старший преподаватель кафедры «Оборудование и технология
сварочного производства» Межгосударственное образовательное учреждение
высшего образования «Белорусско-Российский университет» г. Могилев,
fetisova9891@gmail.com

Fiatsisava K., Senior Lecturer of the Department «Equipment and Technology of Welding
Production» Interstate Educational Institution of Higher Education
«Belarusian-Russian University», Mogilev, fetisova9891@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрена технология дуговой сварки и наплавки с введением в защитную газовую среду галогенидного газообразного компонента SF_6 .

Для получения трехкомпонентной защитной смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{SF}_6$ разработана установка с последовательным их смешиванием. На основе проведенных исследований определены наиболее эффективные соотношения значений параметров режима, а также установлено, что модификация защитного газа гексафторидом серы SF_6 позволяет существенно снизить чувствительность сварных соединений к диффузионному водороду. Это является актуальной задачей при сварке конструкций из сталей повышенной прочности.

Ключевые слова: дуговая сварка, наплавка, защитный газ, галогенидные соединения.

Abstract. The paper considers the technology of arc welding and surfacing with the introduction of a halide gaseous component SF_6 into the protective gaseous medium. To obtain a three-component protective mixture $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{SF}_6$, an installation with their sequential mixing has been developed. On the basis of the studies carried out, the most effective ratios of the values of the mode parameters were determined, and it was also established that the modification of the shielding gas with sulfur hexafluoride SF_6 can significantly reduce the sensitivity of welded joints to diffusion hydrogen. This is an urgent task in welding structures made of high-strength steels.

Key words: arc welding, surfacing, shielding gas, halide compounds

Введение. Важным вопросом, не решенным до настоящего времени и представляющим актуальную проблему, является склонность материалов к водородной хрупкости. Водород как правило присутствует в защитной газовой атмосфере при сварке из-за наличия на кромках свариваемых деталей загрязнений, адсорбированной влаги, следов ржавчины. Также источником водорода является естественная влажность атмосферного воздуха, адсорбированная влага в сварочных материалах и защитном газе. Технологические приемы, направленные на устранение избыточного количества водорода, позволяют минимизировать его содержание в наплавленном металле, путем прокалки и просушки сварочных материалов, тщательной подготовки изделий к сварке. Кроме того, известны и широко распространены подходы, когда в сварочные материалы и флюсы вводят фторсодержащие компоненты, связывающие водород в нерастворимые в жидком металле соединения. Это является эффективным приемом в случаях сварки материалов, подверженных образованию закалочных структур из-за влияния термического цикла сварки.

Наиболее распространенным способом сварки на сегодняшний день является дуговая сварка в среде защитных газов. Широкие возможности механизации и роботизации, высокая производительность и относительная дешевизна присадочных материалов позволили ей занять лидирующие позиции практически во всех отраслях промышленности. Для сварки материалов со сложными системами легирования и упрочнения используются преимущественно инертные газы и смеси на их основе. Это обусловлено активным взаимодействием расплавленного присадочного материала с защитной газовой атмосферой при его переносе в металл сварочной ванны, что ограничивает применение активных газов и их процентное содержание в качестве компонентов смесей. Металлургические процессы, происходящие в капле сильно перегретого расплавленного металла на торце сварочной проволоки, в противном случае, будут приводить к потере части легирующих элементов и нарушению комплексной системы легирования материала, что неизбежно снизит эксплуатационные характеристики металла сварного шва.

Инертность защитной газовой среды и использование проволок сплошного сечения делают технологию чувствительной к появлению посторонних компонентов в рабочей зоне. Важно отметить, что в таком случае практически отсутствует среда, позволяющая осуществлять управляемый процесс металлургического воздействия на основные технологические процессы сварки. Присутствие водорода в таких условиях, особенно при сварке высокопрочных сталей, вызывает существенное снижение стойкости сварных

соединений к образованию трещин по механизму замедленного разрушения. Наличие участков со структурами мартенсита в зонах термического влияния создает естественные ловушки для растворенного диффузионно-подвижного водорода.

Таким образом, наиболее распространённая на сегодняшний день технология сварки обладает минимальными возможностями для предотвращения развития водородной хрупкости сварных соединений. В работе предлагается введение в защитную газовую атмосферу фтора в составе галогенидного соединения SF_6 для связывания водорода в нерастворимые в основном металле соединения при сварке сталей повышенной прочности.

Основная часть. Гексафторид серы представляет собой инертное в нормальных условиях газообразное соединения, используемое в предохранительных автоматических выключателях в качестве «дугоподавляющего» газа. Это свойство обусловлено высоким потенциалом ионизации фтора. Газ является доступным и промышленно распространённым. При высоких температурах он диссоциирует и способен вступать в реакции со свободным водородом, образуя нерастворимые и ограниченно растворимые в жидком металле соединения HF . Количество вводимого газа в защитную газовую атмосферу невелико, так как в противном случае наблюдается не только дестабилизация дугового промежутка, но и нарушение санитарно-гигиенических показателей при сварке.

В работе проведены экспериментальные исследования по определению наиболее эффективного количества гексафторида серы SF_6 , вводимого в защитную газовую смесь 82 % Ar + 18 % CO_2 с точки зрения стабильности процесса горения дуги и переноса расплавленного металла через дуговой промежуток, а также качественная оценка снижения диффузионного водорода в наплавленном металле методом глицериновой пробы [1].

Установлено, что при введении SF_6 в состав защитной атмосферы, наблюдается существенное изменение технологических характеристик плавления электродной проволоки. Диссоциация SF_6 вызывает сжатие столба дуги и изменение характера проплавления основного металла. Область наиболее стабильного существования процесса сдвигается в сторону больших значений напряжения на дуге на 2–4 В что обусловлено, по-видимому, необходимостью удлинения дуги и повышения ее мощности.

Важным вопросом является насыщение наплавленного металла серой, так как сера является вредной примесью, способной существенно снизить эксплуатационные характеристики соединения и его технологическую прочность. Установлено, что введение до 1 % SF_6 в состав защитной газовой среды практически не оказывает влияния на содержание серы в наплавленном металле. По-видимому, это связано со взаимодействием серы с кислородом, как продуктом диссоциации углекислого газа. Это также подтверждается тем фактом, что в отсутствии CO_2 , при введении SF_6 в чистый аргон, сера активнее растворяется в наплавленном металле, что является нежелательным.

Полученные результаты позволили определить диапазоны эффективного регулирования значения напряжения на дуге для различных значений силы тока. Это необходимо при разработке технологий с использованием завышенных, либо заниженных, в случае сварки в узкую разделку, значений напряжения на дуге. Амплитуда диапазона эффективного регулирования значений напряжения не превышает 2 В.

Методом глицериновой пробы установлено, что технология сварки с введением до 2 % SF_6 защитную среду Ar + CO_2 позволяет практически полностью предотвратить насыщение наплавленного металла диффузионным водородом, что является актуальным при сварке высокопрочных материалов [2].

Заключение. Таким образом, в работе установлено, что введение в состав защитной газовой атмосферы Ar + CO_2 гексафторида серы является эффективным технологическим приемом, позволяющим снизить количество диффузионного водорода в наплавленном металле. Проведенные исследования позволили разработать технологические

рекомендации по наиболее эффективным соотношениям между значениями основных электрических параметров режима сварки и наплавки. На основании оптико-эмиссионного спектрального анализа химического состава наплавленного металла установлено, что содержание серы в нем, как вредной примеси, не повышается в диапазоне концентраций SF_6 до 1 % в составе защитной смеси $Ar+CO_2$, что является важным условием эффективности предлагаемой технологии. Выдвинуты важные гипотезы о механизме сдерживания перехода серы в наплавленный металл и снижении углерода по средствам образования соединений CF_4 в составе защитной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фетисова, Е.А. Особенности дуговой сварки и наплавки с модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями / Е.А. Фетисова, А. О. Коротеев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы V Всероссийской национальной конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 г. – ФГБОУ ВО «КиАГУ», 2022.

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. – Брест: Издательство Бр.ГТУ, 2022. – С. 175.