

УДК 621.791

Оценка экономической эффективности применения технологии дуговой сварки с модификацией защитной газовой атмосферы $\text{Ar} + \text{CO}_2$ галогенидным соединением SF_6

Фетисова Екатерина Анатольевна

fetisova9891@gmail.com

Коротеев Артур Олегович

karatseyeu.artur@gmail.com

Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены результаты анализа экономической эффективности применения разработанной технологии дуговой сварки в среде трехкомпонентной защитной газовой атмосферы $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{SF}_6$ на примере расчета расхода сварочных материалов при выполнении сварки стыкового и углового сварного шва.

Ключевые слова: дуговая сварка в защитных газовых смесях, модификация защитной газовой среды, гексафторид серы, сварочные материалы

Введение. Тенденция в применении различных высокопрочных сталей для изготовления сварных металлоконструкций с целью снижения ее металлоемкости при обеспечении требуемых прочностных характеристик привела к необходимости совершенствования существующих сварочных технологий, т. к. все чаще стали наблюдаться выходы из строя сварных соединений, выполненных из таких сталей, по причине образования трещин, индуцированных диффузионным водородом, в шве и околошовной зоне. Это влечет за собой выполнение дорогостоящего ремонта.

В сварочной практике наиболее известным способом борьбы с образованием трещин, который основывается на снижении чувствительности металла к водороду, является связывание его в нерастворимые стабильные химические соединения HF в металле шва и околошовной зоне. Такое решение находит применение в электродных покрытиях, флюсах и порошковых проволоках, построенных на фтористо-кальциевых основах.

В настоящее время сварка высокопрочных сталей осуществляется в защитных газовых флюсах, основу которых составляет аргон. Это не только повышает чувствительность технологии к наличию загрязнений на кромках изделий, повышенной влажности окружающей среды и другим факторам, но и практически лишает возможностей реализации металлургического механизма предотвращения негативного влияния водорода, присутствующего в атмосфере сварочной дуги, о котором было сказано ранее. Защитная газовая среда начинает выполнять лишь функцию вытеснения воздуха, минимально участвуя в физико-химических процессах, происходящих в контакте с жидким металлом в дуговом промежутке.

Для решения этой проблемы предлагается использовать термодинамически стабильные соединения фтора в газообразном виде, контролируемо вво-

димых в защитный газовый флюс, например, гексафторида серы (SF_6). Этот газ стабилен при нормальных условиях и диссоциирует при высоких температурах, которые и характерны для области существования дугового промежутка с образованием свободного фтора, активно связывающего водород в нерастворимые в жидком металле соединения HF .

Авторами разработана технология дуговой сварки высокопрочных сталей с модификацией защитной газовой атмосферы Ar (82 %) + CO_2 (18 %) галогенидным соединением SF_6 , которая позволяет обеспечить повышение стойкости сварных соединений против образования трещин, индуцированных диффузионным водородом и возникающих по замедленному механизму разрушения. Достигается такой эффект за счет связывания H в атмосфере сварочной дуги в нерастворимые и ограниченно растворимые в жидком металле химические соединения HF .

Кроме того, разработанная технология дуговой сварки позволяет воздействовать на характер протекания сварочных процессов через управляемое изменение состава защитного газового флюса. Это может способствовать формированию необходимой микроструктуры сварного соединения [1].

Методы и материалы; результаты. Для проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также практического применения предлагаемой технологии, была разработана установка, позволяющая получить трехкомпонентную защитную газовую смесь Ar (82 %) + CO_2 (18 %) + SF_6 в требуемых объемных долях компонентов [2]. Для расчета экономических затрат одной такой установки были взяты стоимости используемых для ее изготовления ротаметров, манометров, переходных шлангов, металлического каркаса и быстросъемного фитинга.

Для оценки экономической эффективности использования разработанной технологии дуговой сварки в среде трехкомпонентного защитного газового флюса в расчет принимали показатели стоимости и расхода сварочной проволоки марки Св-08Г2С и высокопрочной проволоки типа ESAB OK Aristorod 69 диаметром 1,2 мм, а также смеси Ar (82 %) + CO_2 (18 %) и газового модификатора SF_6 (0,25 %).

В работе проводили расчет экономических показателей на примере одного метра стыкового (п. 1.5 таблицы 1 согласно ГОСТ ISO 9692-1) [3] и одного метра углового шва (п. 3.1.1 таблицы 3 согласно ГОСТ ISO 9692-1) [3], выполненных в несколько проходов в традиционной газовой среде Ar (82 %) + CO_2 (18 %) и по разработанной Ar (82 %) + CO_2 (18 %) + SF_6 (0,25 %). Расчеты проводились по традиционной методике, представленной в [4].

Анализ экономических затрат на изготовление одной установки показал, что благодаря тому, что она изготовлена из доступных материалов, это делает ее конкурентоспособной по сравнению с имеющимися в доступе однопостовыми газовыми смесителями, стоимость которых превышает стоимость разработанной установки в десятки раз.

Несмотря на достаточно высокую стоимость газообразного модификатора SF_6 в составе традиционной смеси Ar (82 %) + CO_2 (18 %), как отдельного

компонента, полученные результаты проведенных расчетов свидетельствуют об экономической эффективности применения разработанной технологии, что подтверждается практически соизмеримыми значениями затрат на сварочные материалы при выполнении одного метра стыкового и углового сварочного шва, которые были получены по двум технологиям.

Заключение. Разработанная технология дуговой сварки с модификацией защитной газовой атмосферы $Ar + CO_2$ галогенидным соединением SF_6 , с экономической точки зрения, является эффективной, что подтверждается расчетами на затраты сварочных материалов и разработку установки для получения требуемого защитного газового флюса, а также возможностью повысить эксплуатационный ресурс сварных металлоконструкций за счет снижения вероятности образования опасного дефекта в виде трещин, влекущего за собой повышенные затраты на восстановительные работы.

Список источников

- [1] Фетисова Е.А., Коротеев А.О., Коротеева А.А. Особенности металлургических процессов при дуговой сварке с модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями. *Вестник Белорусско-Российского университета*, 2022, № 1 (74), с. 87–96.
https://doi.org/10.53078/20778481_2022_1_87
- [2] Фетисова Е.А., Шукан Н.А., Коротеева А.А., Коротеев А.О. Установка для смешивания трехкомпонентной защитной газовой среды при сварке. *Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности. Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых: матер.* Могилев, Белорусско-Российский университет, 2022, с. 88–89.
- [3] ГОСТ ISO 9692-1–2016. *Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Ч. 1: Сварка ручная дуговая плавящимся электродом, сварка дуговая плавящимся электродом в защитном газе, сварка газовая, сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе и сварка лучевая сталей.* Москва, Стандартинформ, 2019.
- [4] Куликов В.П. *Технология сварки плавлением и термической резки.* Москва, ИНФРА-М, 2016, 463 с.