

УДК 621.791.763

СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В НАПЛАВЛЕННОМ МЕТАЛЛЕ
ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ С МОДИФИКАЦИЕЙ
ЗАЩИТНОЙ ГАЗОВОЙ АТМОСФЕРЫ SF₆

Е. А. ФЕТИСОВА, А. О. КОРОТЕЕВ, А. А. КОРОТЕЕВА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Важным вопросом при сварке сталей повышенной прочности является чувствительность сварных соединений к образованию трещин по механизму замедленного разрушения, инициированному наличием растворенного в металле диффузионно-подвижного водорода. Источником водорода в большинстве случаев является влага, адсорбированная на поверхностях свариваемых деталей, влажность сварочных материалов и защитных газов, наличие загрязнений на подготовленных под сварку кромках и др. При этом, в случае использования наиболее распространенного на сегодняшний день способа сварки в защитных газовых смесях, особенно на основе инертных газов (Ar), практически отсутствуют механизмы борьбы с водородом, направленные на минимизацию его количества в наплавленном металле в условиях высоких температур плавления сварочного материала. Технологические приемы и рекомендации сводятся к качественной подготовке и очистке деталей перед сваркой, просушке сварочных материалов, контролю за влажностью, что делает защиту пассивной.

Перспективным направлением является реализация механизмов связывания водорода в нерастворимые в сварочной ванне и расплавленном присадочном материале проволоки соединения путем введения специальных газообразных компонентов в защитную атмосферу дуги. Защитная газовая среда при этом становится активной по отношению к протекающим физико-металлургическим процессам при сварке и позволяет управлять ими. В качестве такого компонента ранее было предложено использовать гексафторид серы SF₆, т. к. соединения фтора получили широкое распространение в сварочной практике для связывания водорода в соединения HF через сварочные флюсы, покрытия электродов и др. [1]. Была показана эффективность введения такого компонента в состав защитной газовой смеси Ar + CO₂. Использование в качестве базового компонента смеси Ar + CO₂, а не чистого Ar, связано с нестабильностью переноса электродного металла при сварке плавящимися материалами в инертных газах. При этом количество SF₆ невелико и не оказывает решающего влияния на перераспределение сил, действующих на каплю расплавленного металла на торце присадочной проволоки. Качественно установлено существенное снижение водорода в наплавленном металле [2]. В то же время сера, являющаяся

вредной примесью для рассматриваемых материалов, ограничивает применение такого модификатора.

Вопросом, требующим внимания, является анализ путей и механизмов препятствования растворению серы и сдерживанию повышения ее содержания в наплавленном металле. Замечено, что в концентрациях до 1 % SF₆ в составе защитной смеси Ar + CO₂ + SF₆ количество серы не повышается и выдвинуто предположение о взаимодействии S с продуктами диссоциации CO₂. Термодинамически такие реакции вероятны. Кроме того, анализ химического состава наплавленного металла показывает, что SF₆ влияет на содержание углерода в наплавленном металле, что свидетельствует об интенсивных реакциях продуктов диссоциации с поверхностью капли расплавленного металла в дуговом промежутке [3].

Путем проведения экспериментальных исследований с применением спектрального оптико-эмиссионного анализа химического состава наплавленного металла установлено, что многослойные наплавки, выполненные в смесях Ar + 0,5 % SF₆, Ar + 1 % SF₆, Ar + 2 % SF₆, характеризуются большим содержанием серы, чем выполненные в смесях Ar + 18 % CO₂ + 0,5 % SF₆, Ar + 18 % CO₂ + 1% SF₆, Ar + 18 % CO₂ + 2 % SF₆. Это подтверждает предположение о том, что сера вступает в реакцию с кислородом в результате процессов диссоциации углекислого газа при высоких температурах в области столба дуги. Данный эффект является важным, т. к. позволяет сдерживать процессы растворения серы в жидком металле и повышения ее концентрации.

Полученные результаты важны для развития представлений о происходящих в зоне горения дуги процессах в защитной газовой атмосфере. Установлено, что использование трехкомпонентных смесей Ar + CO₂ + SF₆ является более предпочтительным, по сравнению с Ar + CO₂, не только в связи со стабильностью процессов переноса электродного металла, особенно на малых значениях силы тока, но и с точки зрения препятствования повышению концентрации S в наплавленном металле.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фетисова, Е. А.** Влияние гексафторида серы в составе газовой защитной атмосферы при дуговой сварке на содержание водорода в наплавленном металле / Е. А. Фетисова, А. О. Коротеев, В. П. Куликов // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 174.
2. **Коротеев, А. А.** Дуговая сварка с функциональной модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями / А. О. Коротеев, Е. А. Фетисова // *Актуальные вопросы и передовые технологии сварки в науке и промышленности: материалы I Междунар. науч.-техн. конф.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – 252 с.: ил.
3. **Фетисова, Е. А.** Особенности металлургических процессов при дуговой сварке с модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями / Е. А. Фетисова, А. О. Коротеев, А. А. Коротева // *Вестн. Белорус.-Рос. ун-та.* – 2022. – № 1. – С. 87–96.