

УДК 621.791

ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ С ВВЕДЕНИЕМ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЗАЩИТНУЮ АТМОСФЕРУ

Фетисова Е. А., Коротеев А. О., Коротеева А. А.

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

В настоящее время актуальной задачей при изготовлении конструкций является снижение их металлоемкости при сохранении требуемого уровня показателей пластичности, пределов прочности и текучести материала. Это является эффективным как с технической, так и с экономической точки зрения. Достичь такого эффекта можно путем применения современных высокопрочных сталей, сочетающих в себе необходимый уровень эксплуатационных характеристик благодаря специальным системам легирования.

При изготовлении изделий из таких материалов актуальным вопросом становится технология их сварки. Известно, что чем сложнее система легирования стали, тем более чувствителен материал к влиянию термического цикла на свойства и структуру сварного соединения, а также к возникновению ряда дефектов, обусловленных высокими значениями внутренних напряжений, сопоставимых с пределом текучести. В связи с этим технология сварки должна иметь возможность воздействия на микроструктурное состояние металла и управления тепловлажением в основной материал.

Одним из распространенных дефектов, которым подвержены сварные соединения, выполненные из высокопрочных сталей, являются так называемые «холодные» трещины, которые возникают и развиваются по механизму замедленного разрушения. Их образованию способствует охрупчивание материала из-за диффузионного водорода, обладающего подвижностью, вплоть до комнатной температуры. Будучи в металле в растворенном состоянии, водород с легкостью диффундирует в области с наименьшей концентрацией. Как правило, это линия сплавления, околошовная зона и внутренние субкристаллические несплошности, а также макроскопические дефекты. По результатам такого перемещения количество водорода в зоне термического влияния может как увеличиваться, так и уменьшаться, в зависимости от условий протекания процесса, что приводит к внутренним напряжениям. Кроме того, попадая в указанные области, водород теряет диффузионную подвижность в результате образования его молекулярной формы, резко повышающей внутреннее давление и способствующей развитию и раскрытию локальных разрушений в виде трещин. Также

диффузионная подвижность практически полностью теряется в случае наличия структур мартенсита и бейнита, обеспечивающих основной механизм упрочнения стали. Все эти факторы отрицательно влияют на сопротивляемость металла разрушениям.

При производстве сварных конструкции одним из методов борьбы с образованием «холодных» трещин является снижение содержания водорода в металле шва. Наиболее эффективным при этом является его связывание в химически стойкие, нерастворимые в металле при высоких температурах, соединения фтористого водорода. В сварочной практике решения для реализации такого мероприятия находят в применении фтористо-кальциевой основы в составе флюсов и электродных покрытий, а также в сердечниках порошковых проволок.

В современном производстве в качестве сварочного присадочного плавящегося материала при дуговой сварке в защитных газах используют проволоку сплошного сечения. В таких условиях использование указанного выше компонента вызывает ряд технических сложностей. Предлагаемая нами технология основывается на модификации защитной атмосферы газообразными галоидными компонентами, содержащими в своем составе фтор. При выборе таких соединений особое внимание уделяли доступности и нетоксичности при нормальных условиях. Наиболее известным и практически применимым в рассматриваемых условиях является гексафторид серы SF_6 . Особенностью таких соединений является способность к диссоциации при высоких температурах с образованием свободных соединений фтора. Кроме этого, гексафторид серы обладает высоким потенциалом ионизации, что приводит с одной стороны к сжатию столба дуги и затруднению существования дугового промежутка, с другой стороны – к увеличению глубины проплавления основного металла.

Важно отметить, что функциональная модификация защитной газовой среды является одним из эффективных способов воздействия на металлургические и физико-химические процессы при сварке, что дает возможность управления и контроля микроструктурного состояния материала.

Нами были проведены экспериментальные исследования с использованием роботизированного комплекса Fanuc ARC Mate 100iC с источником питания Fronius TPS 3200 с целью подтверждения эффективности практического применения предлагаемой технологии. В качестве защитной атмосферы была выбрана смесь на основе аргона и углекислого газа 82 % Ar + 18 % CO_2 . Гексафторид серы SF_6 вводили в зону горения дуги в количестве от 1 % до 5 %. Эксперименты заключались в наплавке валиков на пластины из низкоуглеродистой низколегированной стали 09Г2С присадочной сварочной проволокой сплошного сечения Св-08Г2С. При этом соотношение Ar и CO_2 сохранялось в указанной выше пропорции при общем расходе защитной газовой смеси 12...15 л/мин.

Для получения требуемого состава и процентного соотношения трехкомпонентной защитной газовой атмосферы Ar + CO_2 + SF_6 использовалась смесь последовательного смешивания, для реализации которой была разработана специальная установка, представленная на рисунке 1.



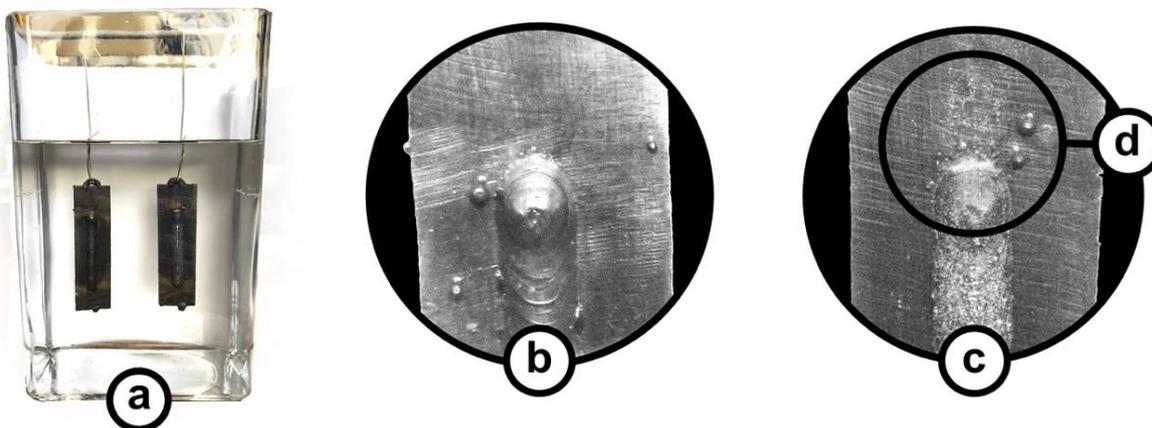
Рисунок 1 – Установка для смешивания трехкомпонентной защитной газовой среды

Традиционная защитная газовая смесь Ar (82 %) + CO₂ (18 %) получалась при помощи смесителя Witt BM-2M, который подключали к баллонам с аргоном и углекислым газом. Контроль расхода защитной газовой смеси производился поплавковым ротаметром LZB-10. С помощью редуктора через проводящие газ шланги к ротаметру LZB-3 подключался баллон с гексафторидом серы. Имеющиеся на установке манометры контролировали входное давление смеси Ar + CO₂ и SF₆.

В ходе работ нами была проведена качественная оценка влияния содержания SF₆ в составе защитной газовой атмосферы на количество содержания водорода в наплавленном металле. Для этого образцы после наплавки погружали в емкость с глицерином. Оценке были подвержены образцы, выполненные по традиционной технологии в среде защитной газовой смеси Ar (82 %) + CO₂ (18 %) и с введением SF₆ [1].

Установлено, что поверхность наплавки, полученной с использованием защиты Ar (82 %) + CO₂ (18 %) покрыта газовыми пузырьками, что говорит о наличии большого количества диффузионного водорода в металле. Минимальное присутствие газовыделений на образцах, полученных с использованием трехкомпонентной смеси Ar + CO₂ + SF₆, позволяет подтвердить предположение о качественном снижении водорода в материалах в десятки раз. На рисунке 2 представлены результаты качественной оценки содержания водорода в наплавленном металле [2].

Снижение количества выделившихся газовых пузырьков в образцах говорит о способности гексафторида серы образовывать нерастворимые в наплавленном металле стабильные химические соединения фтористого водорода (HF) при его диссоциации от высокотемпературного воздействия сварочной дуги в процессе сварки и наплавки.



*a – колба с образцами; b – образец наплавленный с введением в защитную атмосферу SF₆;
c – образце наплавленный по традиционной технологии (в среде Ar+CO₂); d – выделившийся
водород в виде сплошного потока всплывающих с поверхности наплавки пузырей*
**Рисунок 2 – Качественная оценка насыщаемости водородом образца наплавки
при помощи глицериновой пробы**

Таким образом, разработанная нами технология позволяет снизить вероятность образования дефектов в сварных соединениях, возникновению которых способствует водород.

Кроме этого, в ходе проведения исследований было установлено, что введение в состав защитной атмосферы Ar (82 %) + CO₂ (18 %) гексафторида серы оказывает влияние на характер и частоту переноса электродного металла.

Таким образом, проведенные исследования говорят о возможности практического применения разработанной технологии дуговой сварки с модифицированием защитной газовой атмосферы галоидными соединениями, которая позволит повысить качество сварных соединений и производительность процесса сварки, путем управления металлургическими процессами и контроля микроструктуры материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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, облудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.- техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – с 174.*

2. Фетисова, Е. А. Особенности металлургических процессов при дуговой сварке с модификацией защитной газовой атмосферы галоидными соединениями / Е. А. Фетисова, А. О. Коротеев, А. А. Коротеева // *Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 1. – С. 87–96.*