

УДК 621.791.01

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРОЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ С ФТОРИДНО-ПЕРОВСКИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ МОКРОЙ СВАРКИ

С. Г. ПАРШИН¹, Ю. ГАО¹, А. О. КОРОТЕЕВ²¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Санкт-Петербург, Россия

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Подводная дуговая сварка высокопрочных сталей применяется при монтаже и ремонте оффшорных, портовых и судовых конструкций. Типичные составы шихты для покрытых электродов и самозащитных порошковых проволок имеют шлаковые системы $\text{TiO}_2\text{--Fe}_2\text{O}_3\text{--CaO--MnO}$, $\text{TiO}_2\text{--CaF}_2\text{--CaO--Fe}_2\text{O}_3\text{--MnO}$, $\text{TiO}_2\text{--CaF}_2\text{--CaO--MnO}$, $\text{CaF}_2\text{--SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--MnO}$ [1]. В качестве основных шлаковых систем для покрытых электродов для подводной мокрой сварки сталей повышенной прочности используют композиции: $\text{TiO}_2\text{--CaF}_2\text{--CaO}$, $\text{TiO}_2\text{--CaF}_2\text{--Fe}_2\text{O}_3$ и инновационную систему $\text{TiO}_2\text{--CaF}_2\text{--LaF}_3\text{--Na}_3\text{AlF}_6$.

Цель исследования – разработка редкоземельной газошлаковой системы покрытых электродов для подводной дуговой сварки высокопрочных сталей.

Методы исследований.

Для подводной мокрой сварки использовали пластины 200×100 мм из стали 09Г2С толщиной 10 мм. Подводную мокрую сварку производили на глубине 200 мм на стенде, который включал: электродержатель, резервуар, выпрямитель ВД-313, датчики тока и напряжения, компьютер, контроллер, электропривод, USB-осциллограф. Покрытые электроды имели коэффициент массы покрытия – 20 %, толщину покрытия – 0,8 мм, толщину водонепроницаемого лака – 0,04 мм. Покрытие изготавливали многослойным окунанием в смесь на основе жидкого стекла (в процентах): $20\text{TiO}_2\text{--}30\text{LaF}_3\text{--}25\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{--}10\text{CaCO}_3\text{--}3\text{Mn--}2\text{Si--}6\text{Ni--}1\text{Zr--}3\text{Al}$. Для изготовления покрытых электродов использовали стержни диаметром 4 мм из стали Св-08А и Св-10Х16Н25АМ6.

Результаты исследований.

Газошлаковое покрытие $\text{TiO}_2\text{--LaF}_3\text{--Na}_3\text{AlF}_6\text{--CaCO}_3$ при расплавлении образует рutil-фторидно-перовскитную систему, которая включает титанат кальция CaTiO_3 (перовскит) и обладает следующими преимуществами: отсутствие оксидов, способствующих шлаковым включениям; улучшение экранирования сварочной ванны; снижение межфазного натяжения; снижение водорода за счет связывания гидроксильных групп при формировании в шлаках полимерных

алюмофторидных анионов [2]; выделение фаз LaO_2 , $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$, которые способствуют улучшению сварочно-технологических свойств шлака и модификации микроструктуры шва.

Испытания опытных электродов диаметром 4 мм производили при обратной полярности на воздухе и при подводной мокрой сварке на глубине 200 мм. Испытания показали, что опытные электроды обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами, обеспечивают хорошее формирование плотных швов, легкое удаление шлака. При мокрой сварке электродами со стержнем Св-08А средняя величина сварочного тока в четырех режимах составила 159...215 А с отклонениями тока $\pm 60...70$ А; средняя величина напряжения в четырех режимах составила 27...31 В с отклонениями напряжения $\pm 5...7$ В при частоте коротких замыканий 5...7 Гц. При скорости сварки 2,1..2,6 мм/с ширина и высота шва составили 10...14 и 2...3,5 мм. При сварке электродами со стержнем Св-10Х16Н25АМ6 средняя величина сварочного тока в четырех режимах составила 165...202 А с отклонениями тока $\pm 65...70$ А; средняя величина напряжения в четырех режимах составила 27...32 В с отклонениями напряжения $\pm 3,5...6$ В при частоте коротких замыканий 3...5 Гц. При скорости сварки 2,2...3,4 мм/с ширина и высота шва составили 12...16 и 2,5...4 мм.

Твердость наплавленного металла при подводной сварке и сварке на воздухе электродами со стержнем Св-08А составила 180...210 и 149...177 НВ, со стержнем Св-10Х16Н25АМ6 – 248...320 и 322...365 НВ при твердости основного металла 140...160 НВ.

Вывод.

Разработаны покрытые электроды со стержнем из углеродистой и аустенитной стали для подводной мокрой сварки сталей повышенной прочности. Основой универсального покрытия электродов является редкоземельная газослаковая рутил-фторидно-перовскитная система $\text{TiO}_2\text{--CaF}_2\text{--LaF}_3\text{--Na}_3\text{AlF}_6$. Новые покрытые электроды обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами на воздухе и под водой и позволяют достичь равнопрочности при сварке сталей повышенной прочности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паршин, С. Г. Материалы и технологии подводной сварки: монография / С. Г. Паршин. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2023. – 468 с.
2. Рудской, А. И. Электрохимическое удаление гидроксидов и диффузионного водорода в алюмофтористых шлаках сварочных порошковых проволок / А. И. Рудской, С. Г. Паршин // Химия, науки о материалах: докл. Рос. акад. наук. – 2022. – Т. 504. – С. 62–66.