

Сварочные электроды с применением углеродосодержащего раскислителя и минерального сырья Украины

Украинская инженерно-педагогическая академия

Разработан состав покрытия ильменитовых электродов с использованием в качестве газошлакообразующих компонентов цеолита и мергеля, а в качестве дополнительного раскислителя - углерода в составе чугунного порошка. Разработанные электроды обладают высокими сварочно-технологическими свойствами, а наплавленный металл по механическим свойствам соответствует типу Э46 по ГОСТ 9466.

Ключевые слова: цеолит, мергель, углерод, чугунный порошок, раскисление, сварочно-технологические свойства, ильменит.

В настоящее время все шире проводятся исследования по поиску дешевого регионального сырья, пригодного для производства сварочных электродов. Это вызвано острым дефицитом ряда шихтовых материалов, а также трудностями с поставками многих видов сырья из стран СНГ [1].

Актуальным является поиск заменителей слюды мусковит, мрамора и магнезита при производстве ильменитовых электродов.

В качестве заменителя слюды мусковит представляют интерес для исследования природных минералов – цеолиты, залежи которых на Украине (около 1 млрд. т) сосредоточены в Закарпатской области (Хустский и Раховский районы).

Наиболее распространенными разновидностями природных цеолитов являются клиноптиолит и морденит. Их химические составы приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Содержание основных химических компонентов в составе природных цеолитов месторождений Закарпатья

| Наименование составляющих | Массовая доля, % | | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|---------------------------------|
| | В клиноптилолите | | | Ганичском месторожд. | Мордените Липчанском месторожд. |
| | Сокирницком (по сортам месторожд.) | | | | |
| | А | Б | В | | |
| Содержание цеолита в породе: | 71–85 | 59–62 | 60–65 | 60–80 | 80–96 |
| SiO ₂ | 70,97 | 72,04 | 69,97 | 71,18 | 64,56 |
| Al ₂ O ₃ | 13,1 | 12,35 | 14,33 | 12,79 | 12,02 |
| Fe ₂ O ₃ + FeO | 0,89 | 0,99 | 1,6 | 1,22 | 1,78 |
| CaO + MgO | 4,12 | 4,23 | 4,10 | 1,48 | 4,26 |
| P ₂ O ₅ | 0,014 | 0,028 | 0,020 | 0,036 | 0,070 |
| K ₂ O + Na ₂ O | 3,03 | 2,36 | 3,97 | 5,98 | 2,97 |
| РЗМ иттриевой и цериевой групп | 1,5 | 1,62 | 1,58 | 1,8 | 1,6 |

В природных цеолитах наряду с основными содержатся и сопутствующие минералы. Так, в цеолитизированном туфе сорта А Сокирницкого месторождения находится 10...15 % монтмориллонита (глинистого минерала), 2...10 % полевых шпатов, кварца и слюды, до 2 % карбонатов; в туфе сорта Б имеется 15...40 % глинистого минерала и 3...6 % полевых шпатов, кварца и слюды, а в туфе сорта В – соответственно 10...20 % глинистого минерала и 10...30 % полевых шпатов, кварца и слюды, поэтому цеолит сорта В наиболее песчанистый, по сравнению с остальными.

Типичная оксидная формула цеолита имеет вид



В отличие от слюды мусковит, представляющей собой алюмосиликат калия $(K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2) \cdot H_2O$, имеет такой химический состав: SiO_2 40...45 %, Al_2O_3 , 37...38,5 %, K_2O 11...12 %; MgO 0,5...1 %; $S \leq 0,04$ %; $P \leq 0,03$ %; $H_2O \approx 4,5$ %, в цеолите содержится большее количество SiO_2 , меньше Al_2O_3 , кроме того, содержится $CaCO_3$ 10 %, Na_2O 0,5 % и другие минералы.

Использование цеолита в покрытии обеспечивает эффект комплексного действия алюмосиликатов кальция, калия и натрия, что способствует повышению сварочно-технологических свойств электродов [2].

В процессе нагрева цеолита в интервале 200...1100°C происходит выделение имеющейся в его структуре кристаллизационной воды, что позволяет подавить процесс восстановления кремния и переход кремния в металл шва, что в свою очередь снижает склонность швов к водородной пористости.

Образующиеся в процессе плавления цеолита продукты на основе алюмосиликатов увеличивают вязкость шлака. Повышенное содержание оксида кремния в цеолите увеличивает напряжение сварочной дуги, что интенсифицирует процесс плавления электрода.

Цеолит изменяет коэффициент термического расширения (КТР) шлака и тем самым способствует его растрескиванию и самопроизвольному отделению.

Содержание в цеолите редкоземельных металлов, а также оксидов щелочных металлов снижает потенциал ионизации дуги, стабилизирует ее горение на переменном токе.

Таблица 2

Содержание основных химических компонентов в составе природных мергелей месторождений Украины, %

| Наименование минерала | Потери при прокалке, % | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO | MgO | K_2O | Na_2O |
|---|------------------------|---------|-----------|-----------|-------|------|--------|---------|
| Глинистый минерал Мергель Амвросиевский произв. № 1 | 35,16 | 13,49 | 3,19 | 1,44 | 42,26 | 2,26 | 0,6 | 0,53 |
| произв. № 2 | 35,23 | 15,77 | 2,67 | 1,37 | 43,29 | 0,6 | 0,64 | 0,47 |
| Мергель Бахчисарай | 34,66 | 17,58 | 2,29 | 1,1 | 42,15 | 0,81 | 0,57 | 0,49 |
| | 30,9 | 20,15 | 6,03 | 2,42 | 37,14 | 1,73 | 0,95 | 0,8 |

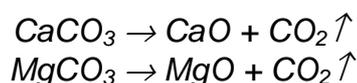
Наличие в цеолите карбоната кальция (примерно 10 %) выполняет роль газошлакообразующего компонента, улучшающего газовую защиту сварочной ванны за счет выделения CO_2 .

К недостаткам цеолита следует отнести отсутствие эффекта пластифицирования обмазочной массы, которым обладает слюда мусковит, поэтому при его использовании необходимо дополнительно вводить в состав шихты такие пластификаторы, как глина, тальк, КМЦ, сода и др.

Представляет интерес использование в качестве заменителя мрамора и магнезита в электродных покрытиях природного минерала мергеля (табл. 2), являющего глинисто-карбонатную породу, содержащую 50...70 % карбонатных минералов (кальцита, доломита) и 25...50 % глинистых минералов.

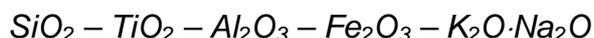
Использование мергеля позволяет комплексно вводить карбонаты и алюмосиликаты, что обеспечивает повышение сварочно-технологических свойств электродов.

В процессе нагрева мергеля в зоне сварочной дуги происходит ступенчатая диссоциация при температурах примерно 500 и 900°C с выделением углекислого газа по реакциям



Выделяющийся углекислый газ обеспечивает газовую защиту расплавленного металла, что способствует повышению механических характеристик металла шва. Образующиеся основные оксиды CaO и MgO способствуют обессериванию расплавленного металла, улучшают отделимость шлаковой корки.

Содержащийся в мергеле глинистый минерал системы



улучшает пластичность обмазочной массы, отделимость шлака, формирование металла шва, а также повышает стабильность горения дуги благодаря наличию щелочных металлов K и Na.

Недостатком ильменитовых электродов является большое количество образующегося в процессе сварки шлака, затрудняющего сварку тавровых и угловых соединений, ухудшенная отделимость шлака, особенно при сварке тавровых соединений и в узкую разделку, недостаточно высокие пластические свойства и ударная вязкость наплавленного металла, особенно при низких температурах.

Задачей данной работы явилось создание электрода с ильменитовым видом покрытия для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей с повышенными сварочно-технологическими свойствами, высокой производительностью и высоким качеством сварных швов. Поставленная задача решалась путем изменением шлаковой и газовой системы защиты металла шва компонентами электродного покрытия, а также изменением раскислительной системы покрытия ильменитовых электродов за счет использования в качестве раскислителя углерода, входящего в состав чугунного порошка.

Для усовершенствования газошлаковой системы покрытия в его состав, содержащий ильменитовый концентрат, тальк, ферромарганец и глину,

дополнительно ввели цеолит, мергель, древесную муку и углерод в составе чугунного порошка. На основании расчета по формуле [3]

$$(\% \text{Ч.П.})_{\text{max}} = \frac{0,12 \dots 0,137 \frac{(\% \text{FeMn})}{(\% \text{Ильм})}}{0,006}$$

определено, что при содержании в покрытии электродов 15...18% FeMn и 40...50% ильменитового концентрата (как наиболее часто используемых количеств в ильменитовых электродах) оптимальным с точки зрения обеспечения в наплавленном металле 0,06...0,12 % [C] будет содержание в покрытии электродов 7...12 % чугунного порошка.

Для оптимизации сварочно-технологических свойств и механических характеристик наплавленного металла было изготовлено и испытано пять вариантов электродов диаметром 4 мм на проволоке св08А с различным содержанием используемых компонентов.

Для сварки использовались пластины из стали Вст3сп. Сварка проводилась в нижнем положении в соответствии с требованиями ГОСТ 9466.

Механические свойства наплавленного металла исследовались на образцах в соответствии с ГОСТ 6996.

В результате испытаний установлено, что введение перечисленных компонентов в приведенных количествах и общем соотношении в покрытии обеспечило получение сверхсуммарного эффекта, выразившегося в улучшении сварочно-технологических свойств электродов, химического состава и механических характеристик наплавленного металла.

Оптимальный состав покрытия выбран для дальнейших более глубоких и обширных исследований.

Электроды с ильменитовым покрытием характеризуются мелкокапельным переносом расплавленного металла и устойчивым горением сварочной дуги. Они допускают сварку на постоянном и переменном токе. При этом обеспечиваются отличное формирование швов с плавным переходом к основному металлу, малая потери металла на разбрызгивание, легкая отделимость шлаковой корки, малую склонность металла шва к образованию подрезов и кристаллизационных трещин. Ильменитовые электроды с чугунным порошком предназначаются для сварки во всех пространственных положениях преимущественно в монтажных условиях.

Новые электроды можно применять наряду с универсальными рутиловыми (АНО-4, МР-3, ОЗС-4 и др.) и для сварки ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей. По производительности разработанные электроды равноценны рутиловым.

Склонность металла шва к образованию горячих трещин определялась при сварке жестких тавров [4] из стали БСт4кп по ГОСТ 380. Испытания показали, что по склонности к образованию кристаллизационных трещин электроды ИНСО-6 находятся на одном уровне с электродами АНО-4 и МР-3. По свойствам металла шва электроды ИНСО-6 находятся на уровне требований, предъявляемых к электродам типа Э-46 по ГОСТ 9467. Ударная вязкость металла шва выше, чем у электродов АНО-6.

Химический состав наплавленного металла соответствует полуспокойной стали и содержит: 0,06...0,1 % С; 0,6...0,8 % Мп; 0,08...0,18 % Si; Р и S не более 0,035 % каждого.

Благодаря меньшему содержанию ферромарганца и кремнезема в покрытии электроды ИНСО-6 характеризуются более благоприятными санитарно-гигиеническими характеристиками по сравнению с ильменитовыми электродами АНО-6 и находятся практически на одном уровне с рутиловыми [5]. Выделение небольшого количества CO_2 обусловлено процессом обезуглероживания чугунного порошка.

Выводы

1. Разработаны ильменитовые электроды с использованием в качестве раскислителя чугунного порошка и нового минерального сырья Украины.

2. Электроды обладают повышенным качеством металла шва и улучшенными сварочно-технологическими свойствами на уровне электродов с рутиловым видом покрытия. Механические свойства металла шва соответствуют типу Э-46 по гост 9467.

Список литературы

1. Игнатченко, В.П. Состояние и тенденции развития производства сварочных материалов в странах СНГ [Текст] / В.П. Игнатченко, А.И.Бугай // Сб. докл. 1-й Международной конференции по сварочным материалам стран СНГ. – Краснодар, 22–26 июня 1998 г. – М., 1998. – С. 15–20.

2. Состав электродного покрытия: Пат. 22622. Украина, МКИ В 23К 35/36 / Н.Г. Ефименко, Н.А. Калин № 1233332; Заявлено 12.12.93; Оpubл. 14.05.96, Бюл. № 11.

3. Ефименко, Н.Г. Расчет оптимального содержания углерода и марганца в электродных покрытиях ильменитового вида [Текст] / Н.Г. Ефименко, Н.А. Калин. // Автоматическая сварка. – 2001. - № 11. – С. 43-46.

4. Сварка в машиностроении [Текст] / справ. / под ред. А. И. Акулова – М.: Машиностроение, 1978 - т. 2. – 1978. – 462 с.

5. Закс, И.А. Санитарно-гигиенические характеристики электродов для дуговой сварки сталей (обзор). Ч. 1. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей [Текст] / И.А. Закс // Сварочное производство. – 1991. - № 8. – С. 31–33

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Костюк, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 07.06.2013

Зварювальні електроди з використанням вуглецевміщуючого розкислювача і мінеральної сировини України

Розроблено склад покриття ільменітових електродів з використанням якості газошлакоутворюючі компоненти цеоліту й мергелю, а якості додатковий розкислювач- вуглець у складі чавунного порошку. Розроблені електроди мають високі зварювально-технологічні властивості, а наплавлений метал за механічними властивостями відповідає типу Э46 за ГОСТ 9466.

Ключові слова: цеоліт, мергель, вуглець, чавунний порошок, розкислення, зварювально-технологічні властивості, ільменіт.

Welding electrodes using carbon-scavenger and mineral resources of Ukraine

A composition of ilmenite electrode coatings using zeolite as a gazošlakooobrazuûših component and marl as well as additional carbon in deoxidizers-iron powder. Designed electrodes have high welding technological properties and mechanical properties of deposited metal is of the type È46 in accordance with GOST 9466.

Keywords: zeolite, marl, carbon, iron powder, deoxidation, welding technological properties, ilmenite.