

©Калин Н.А., Изотова Е.А.

## **ВЛИЯНИЕ ЧУГУННОГО ПОРОШКА НА СОСТАВ ШЛАКА СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

### **1. Постановка проблемы**

Основной причиной ограничивающей применение электродов с кислым видом покрытия, в частности, ильменитовых электродов для сварки ответственных конструкций является повышенное содержание кислорода и неметаллических включений в металле шва [1]. Большое количество оксидов железа, содержащихся в ильмените, является причиной высокой окислительной способности этих покрытий. По сварочно-технологическим свойствам электроды приближаются к электродам с рутиловым покрытием, однако по механическим свойствам металла шва они относятся к типу Э42 по ГОСТ 9467-75.

### **2. Анализ последних достижений**

В последние годы снова возник интерес к использованию углерода в виде древесного угля графита, пепла в электродных покрытиях кислого вида. Однако использование углерода в свободном состоянии требует повышенного окислительного потенциала покрытия, что ухудшает сварочно-технологические свойства электродов.

Использование углерода, в виде чугунного порошка, в качестве раскислителя позволит повысить качество металла шва, выражающееся в повышении пластических свойств наплавленного металла и улучшить сварочно-технологические свойства электродов, обеспечив стабильность повторного зажигания дуги и повышение производительности сварки.

### **3. Методика проведения исследований**

Для исследований применялось покрытие электродов ильменитового вида. В качестве раскислителя применялся ферромарганец марки ФМн 1,0 по ГОСТ 4755-91. Чугунный порошок получали путем размола стружки чугуна марки СЧ 18 по ГОСТ 1412-85. Содержание углерода в чугуне составляло 3,5 %. В качестве углерода в свободном состоянии применяли графит кристаллический марки ГСМ-2 по ГОСТ 18191-78. Коэффициент веса покрытия электродов составлял 0,45...0,47 при толщине покрытия на сторону 0,8 мм электродов диаметром 3 мм, и 1 мм - электродов диаметром 4 мм. Изготавливали по 7 вариантов электродов с чугунным порошком и графитом в покрытии с эквивалентным содержанием углерода к весу электродного стержня: 0,12; 0,16; 0,20; 0,24; 0,28; 0,32; 0,36 %. Для сравнения изготавливали электроды без углеродосодержащих компонентов (вариант О).

Расчет состава шлака, образующегося в процессе плавления электродов семи вариантов электродов с чугунным порошком в покрытии проводили по методике работ [2].

Количество оксидов, переходящих в шлак из шлакообразующих компонентов определяли по формуле:

$$(\%MeO)_{шл} = (\%K)_{пок} \frac{(\%MeO)_{ком}}{100},$$

где  $(\%K)_{пок}$  – содержание шлакообразующего компонента в покрытии, %;  
 $(\%MeO)_{ком}$  – содержание оксида в компоненте, %.

Диссоциация мергеля по реакции  $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$  обеспечивает переход в шлак оксида кальция, содержание которого определяли по формуле

$$(\%CaO)_{ш} = \frac{(\%M)_{пок} (\%CaCO_3)_{мер} 56}{1000},$$

где  $(\%M)_{пок}$  – содержание мергеля в покрытии электродов, %;  
 $(\%CaCO_3)_{мер}$  – содержание карбоната кальция в мергеле, мас. %;  
 56 – молекулярный вес CaO.

Выделение углекислого газа составляет:

$$(\%CO_2)_{г} = \frac{(\%M)_{пок} (\%CaCO_3)_{мер} 44}{1000},$$

где 44 – молекулярный вес  $CO_2$ .

При раскислении сварочной ванны ферромарганцем образуется оксид марганца, переходящий в шлак. Количество оксида марганца определяли по уравнению:

$$(\%Mn)_{ш} = \left( \frac{\frac{(\%FeMn)_{пок} (\%Mn)_{ф}}{100} - (\%Mn)_{эн}}{55} \right) 71,$$

где  $(\%FeMn)_{пок}$  – содержание ферромарганца в покрытии, мас. %;  
 $(\%Mn)_{ф}$  – содержание марганца в ферромарганце, мас. %;  
 $(\%Mn)_{эн}$  – содержание марганца в электродной проволоке, мас. %;  
 71 и 55 – соответственно молекулярные веса MnO и Mn.

В чугунном порошке содержатся углерод, кремний, марганец, сера и фосфор, содержание которых в электродном покрытии определяли по формуле:

$$(\%Э)_{пок} = \frac{(\%ЧП)_{пок} (\%Э)_{чп}}{100},$$

где  $(\%ЧП)_{пок}$  – содержание чугунного порошка в покрытии, в мас. %.

Эквивалентное содержание углерода в электроде, при вводе его в составе чугунного порошка, определяли по формуле

$$(\%C)_{эл} = \frac{K_{mn} (\%ЧП)_{пок} (\%C)_{чп}}{100},$$

где  $K_{mn}$  – коэффициент массы покрытия;  
 $(\%C)_{чп}$  – содержание углерода в чугунном порошке, мас. %.

Количество CO выделившегося в газовую фазу дуги в результате реакции окисления углерода чугунного порошка, определяли по формуле:

$$(\%CO)_2 = (\%C)_{эн} \frac{28}{12},$$

где  $(\%C)_{эн}$  – содержание углерода в электродном покрытии, в мас. %;

28 и 12 соответственно молекулярные массы CO и C.

При сгорании древесной муки в дуге происходит выделение газов CO и H<sub>2</sub> в количестве, равном ее содержанию в покрытии.

Для изготовления электродов использовали калиево-натриевое жидкое стекло с модулем равным 3. Отношение содержания K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O составляло 75/25. Суммарный модуль для комбинированной силикатной глыбы рассчитывали по формуле:

$$M = \frac{\%SiO_2}{0,97\%Na_2O + 0,63\%K_2O},$$

где 0,97 и 0,63 – отношение молекулярной массы SiO<sub>2</sub> к молекулярной массе Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O соответственно.

#### 4. Результаты исследований

Расчетный химический состав шлака приведен в табл. 1. Основность шлака рассчитывали по формуле:

$$B = \frac{CaO + MgO + FeO + MnO + Na_2O + K_2O}{SiO_2 + 0,788TiO_2} \quad .3$$

$$B = \frac{CaO + MgO + FeO + MnO + Na_2O + K_2O}{SiO_2 + 0,788TiO_2}.$$

Расчетная основность шлака опытных электродов близка к 1 и незначительно повышается с увеличением содержания чугунного порошка в покрытии, что объясняется одновременным снижением содержания ильменитового концентрата.

**Таблица 1** – Химический состав и основность шлака опытных электродов

Оксиды, мас. %	Варианты электродов							
	0	1	2	3	4	5	6	7
CaO	4,57	4,68	4,79	4,91	5,04	5,18	5,30	5,42
SiO <sub>2</sub>	17,46	17,98	18,54	19,12	19,72	20,37	21,04	21,73
TiO <sub>2</sub>	32,18	31,42	30,62	29,78	28,90	28,02	27,00	26,01
FeO	21,45	20,94	20,41	19,85	19,26	18,68	18,00	17,35
MnO	15,13	15,50	15,91	16,34	16,78	17,26	17,73	18,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,96	2,0	2,05	2,10	2,16	2,22	2,27	2,32
Na <sub>2</sub> O	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,87	0,89	0,91
K <sub>2</sub> O	3,5	3,58	3,67	3,76	3,86	3,97	4,07	4,17
MgO	2,85	2,92	2,98	3,06	3,14	3,22	3,30	3,38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	0,087	0,124	0,16	0,20	0,24	0,29	0,35
S	0,064	0,066	0,067	0,067	0,07	0,07	0,073	0,075
Основ- ность, B	1,093	1,138	1,144	1,146	1,151	1,158	1,164	1,170

Расчетная и фактическая основность шлака опытных электродов практически совпадает с основностью шлака рутил-карбонатных электродов МР-1 и АНО-3 равной соответственно 1,08 и 1,0, но выше основности ртиловых электродов АНО-4 и МР-3 (0,63 и 0,65).

## **Выводы**

По данным [1] с увеличением основности титаносодержащего шлака снижается количество неметаллических включений и кислорода в наплавленном металле, повышаются пластические свойства металла шва и стойкость его против образования кристаллизационных трещин. Незначительное снижение фактической основности шлака можно объяснить раскисляющим действием углерода чугунного порошка, что приводит к снижению содержания основного оксида FeO в шлаке.

### **Список использованных источников:**

1. Влияние степени окисленности на особенности структуры и механические свойства металла шва, выполненного электродами с рутиловым и ильменитовым покрытиями / И. К. Походня, Г. Е. Коляда, И. Р. Явдоцин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1982. – № 2. – С. 10–14.

2. Петров Г. Л. Сварочные материалы : учеб. пособие / Г. Л. Петров. – Л. : Машиностроение, 1972. – 280 с.

*Калин Н.А., Изотова Е.А.* «Влияние чугунного порошка на состав шлака сварочных электродов».

Приведены результаты влияния чугунного порошка на основность и состав шлака ильменитовых электродов в случае применения его в качестве дополнительного раскислителя металла шва.

**Ключевые слова:** шлак, сварочный электрод, основность, раскислитель.

*Kalin M.A., Izotova K.O.* «Вплив чавунного порошку на склад шлаку зварювальних електродів».

Приведені результати впливу чавунного порошку на основність та склад шлаку ільменітових електродів у разі застосування його в якості додаткового розкислювача металу шва.

**Ключові слова:** шлак, зварювальний електрод, основність, розкислювач.

*Kalin N.A., Izotova E.A.* “Influence of a pig-iron powder on structure of slag of welding electrodes”.

The results of influence of a pig-iron powder on basic and structure of slag ilmenite of electrodes are given in case of application it him as additional deoxidizer of metal of a seam.

**Key words:** slag, welding rod, basicity, reduction alloy.

Стаття надійшла до редакції 11 грудня 2012 р.