ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտություններ, հատոր XXIV, № 1, 1981 Серия технических наук

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. С. КИПАРИСОВ, А. П. ПАНКЕВИЧ, Л. А. ГАСПАРЯН

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ КАРБИДА ТИТАНА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СПЕЧЕННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ АРГОНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ С АКТИВИРУЮЩИМ ФЛЮСОМ

Известно, что добавка карбидов циркония [1] и вольфрама [2] в состав катодных гетерогенных сплавов позволяет повысить целый ряд их физико-механических свойств. В настоящем исследовании изучено влияние добавки карбида титана — широко доступного и недорогого — на эксплуатационную стойкость спеченного электродного материала $W + Y_2O_3$ в условиях аргоно-дуговой сварки с применением порошкового активирующего флюса, содержащего TiO_2, SiO_2 и W.

Исходные порошки $W + Y_2O_3$ готовились методом совместного осаждения соединений вольфрама и иттрия, разработанным в МИСиС, который следует рассматривать как наиболее перспективный, т. к. обеспечивает смешение компонентов на атомном уровне, равномерное и тонкодисперсное распределение активирующей присадки Y_2O_3 в вольфрамовой матрице и дополнительную очистку материала от некоторых примесей. Для получения порошков использовали вольфрамовую кислоту и азотнокислый иттрий, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 2197-43 и ТУ6-09-3195-73. В качестве добавки взят порошок TiC производства ВНИИТС, согласно ТУ 48-19-78-73.

Исследование выполнено с применением метода математического планирования эксперимента. В качестве основных факторов выбраны:

— содержание окиси иттрия в электродном материале, %;

— количество добавки карбида титана, %;

— время смешания исходных порошков при приготовлении шихты, *час*;

— время высокотемпературного спекания спрессованных заготовок, *час*.

Содержание окиси иттрия варьировалось для более полного описания параметра оптимизации. Значение факторов на основном уровне, интервалы их варьирования и матрица планирования представлены в табл. Параметр оптимизации y — длина шва, который удалось проварить электродом до изменения формы его рабочего участка и проплавляющей способности дуги.

Таблица

Условия проведения эксперимента и матрица планирования

Факторы	Содержание Y_2O_3, %	Содержание TiC, %	Время смешания исходных порошков, *час*	Время выдержки при высокотемпературном спекании, *час*	Параметр оптимизации Y — длина ива, *мм*
Основной уровень	4	4	18	1,5	
Интервал варьирования	1	1	6	0,5	
Верхний уровень (+)	5	5	24	2,0	
Нижний уровень (—)	5	3	12	1,0	
Код X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	Y
Опыт 1	—	—	—	—	290
. 2	+	+	—	—	350
. 3	—	—	+	—	310
. 4	+	—	—	+	345
. 5	—	+	+	—	350
. 6	—	+	—	+	365
. 7	—	—	+	+	300
. 8	+	+	+	—	370
Опыт 9*	W + 3% Y_2O_3				250
Опыт 10*	W + 5% Y_2O_3				265

* Для сравнения.

Приготовление смесей (W + Y_2O_3) + TiC осуществлялось в шаровой мельнице, футерованной твердосплавными пластинами ВК4, в среде спирта. Размольные тела — твердосплавные шары диаметром 6—8 *мм*. Скорость вращения барабана ~ 0,7 $N_{кр}$. Соотношение—шихта: шары = 1:2,5. Заготовки электродов диаметром 5 *мм* и длиной 78 *мм* прессовались в стальной пресс-форме на гидравлическом прессе при давлении 3 *т/см*^{2}. Спекание заготовок производилось согласно методике [1]. Структура спеченного электродного материала представлена на рис.

Электродные заготовки обрабатывались до 3 *мм* по диаметру с углом заточки 30° и испытывались при сварке листовой стали Х19Н9Т толщиной 6 *мм* по режиму: сварочный ток — 160 *А*; напряжение — 12 *В*; скорость движения электрода — 10 *м/час*; длина дуги — 1 *мм* с применением активирующего флюса; защитный газ — аргон.

Результаты испытаний приведены в табл.

На основании полученных данных построено уравнение математической модели:

$$Y = 335 + 8{,}7X_1 + 23{,}7X_2 - 2{,}5X_3 + 10X_4. \qquad (1)$$

Величина доверительного интервала коэффициентов при уровне значимости $\alpha = 0.05$ составила $\Delta b_i = \pm 7{,}4$, и, следовательно, время смешения X_3 — незначимо. С учетом статистической значимости коэффициентов уравнение (1) принимает вид:

$$Y = 335 + 8{,}7X_1 + 28.7X_2 + 10X_4. \qquad (2)$$

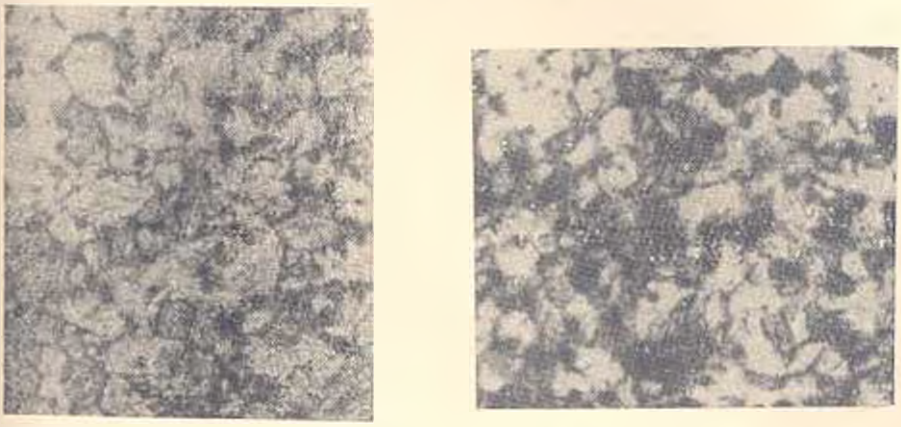

Рис. Структура спеченного электродного материала *а* — W + 5% Y_2O_3 ×500; *б* — W + 5% Y_2O_3 + 5% TiC ×2000.

Расчетное значение F-критерия (1.93) меньше табличного (225) и гипотеза об адекватности уравнения (2) не отвергается. Коэффициенты уравнения показывают, что выбранные нами факторы (значимые) оказывают существенное влияние на параметр оптимизации, и, в частности, введение 3—5% карбида титана X_2 в состав спеченного материала W + Y_2O_3 весьма эффективно повышает его эксплуатационную стойкость при данных условиях сварки с активирующим флюсом. Положительное влияние карбида титана очевидно: имея низкую работу выхода электрона (2,3 *эВ*), он улучшает эмиссионную способность катода на основе вольфрама.

Для уточнения границ области, описываемой уравнением (2), приготовлены и испытаны электроды следующего состава:

$$W + 5\%\ Y_2O_3 + 10\%\ TiC; \quad W + 5\%\ Y_2O_3 + 15\%\ TiC;$$

$$W + 5\%\ Y_2O_3 + 30\%\ TiC.$$

Испытания показали, что стойкость этих электродов крайне низкая, через 2—3 *сек* после зажигания дуги их рабочий участок оплавился. Это можно объяснить низкой теплопроводностью электродного материала. В интервале температур 2000—3000° К теплопроводность карбида титана — 44—48 *Вт/м.град*, окиси иттрия — 2 *Вт/м.град*, вольфрама 92—100 *Вт/м.град*. Введение добавок в вольфрамовую матрицу неизбежно снижает теплопроводность катодного материала и увеличивает тепловую напряженность электрода при работе. При использовании карбида

титана — добавки необходимо учитывать существования в системе W—TiC эвтектики с температурой плавления 2875° К.

Теплопроводность катодного материала $W + Y_2O_3 + TiC$ с большим количеством добавки (15—35% в сумме) оказалась недостаточной: рабочий конец электрода перегревается и оплавляется.

Для данных условий сварки при токе 160 *А* количество добавки, введенной в вольфрамовую основу, не должно превышать в сумме 10—12%. С увеличением плотности сварочного тока количество добавки необходимо уменьшить.

МИСиС

Поступило 25 XI 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амосов В. А., Карелин Б. Н., Кибышкин В. В.* Электродные материалы на основе тугоплавких металлов. М., «Металлургия», 1976, 223 с.
2. *Сироткин Г. Д.* Конспект лекций по курсу «Химия и технология катодов электровакуумных приборов», Иваново, 1974, 345 с.