

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

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

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ  
 И ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ  
 ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА  $W + 2\% Y_2O_3$

Можно предположить, что уменьшение проплавляющей способности дуги и эксплуатационной стойкости электродного материала в процессе аргоно-дуговой сварки обусловлено не только истощением его активирующей присадки, но и изменениями структуры рабочего участка при высокой температуре.

Изменение структуры электродного материала и его эксплуатационной стойкости при высокой температуре (отжиге) изучено на образцах-электродах («А» и «В») с различным содержанием примесей (табл. 1). Образцы приготовлены из порошков  $W + 2\% Y_2O_3$ , полученных методом соосаждения. Этот метод обеспечивает смещение компонентов на атомном уровне и равномерное, тонкодисперсное распределение активирующей присадки в вольфрамовой матрице.

Содержание примесей в спеченных образцах—электродах

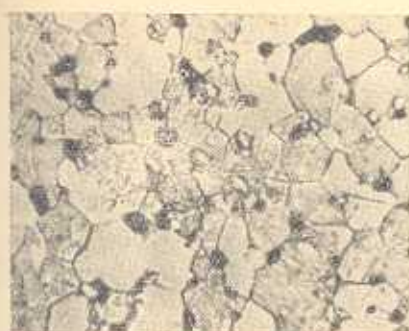
Таблица 1

Материал	Содержание примесей, вес. %						
	As	Fe	Si	Al	Ca	Mo	Na
Электрод „А“	0,0016	0,013	0,009	0,002	0,075	0,04	0,003
Электрод „В“	0,0002	0,0009	0,001	0,0006	0,002	0,02	0,0021

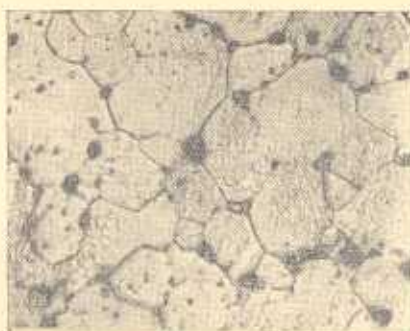
Стойкость электродов при аргоно-дуговой сварке оценивалась по длине шва, который удавалось проварить ими до изменения формы и проплавляющей способности рабочего участка. Образцы отжигались в вакуумной печи с вольфрамовым нагревателем при остаточном давлении менее  $8 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст. Температура отжига:  $2250 \pm 20^\circ C$ —близка к средней рабочей температуре электрода при аргоно-дуговой сварке. Время отжига—1, 2, 4 и 8 часов.

Структура отожженных электродов представлена на рис. 1.

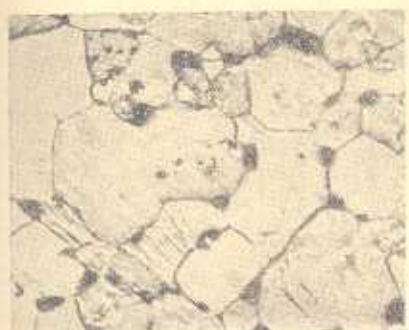
Как видно, в процессе отжига ( $T_{отж.} \sim 0,7 T_{пл. метр.}$ ) структура электродного материала заметно меняется: растет зерно вольфрамовой матрицы и происходит коагуляция частиц окиси иттрия.



а



б



в



г



д



е



ж



з

Рис. 1. Микроструктура отожженных образцов-электродов ( $\times 500$ ).  
Время отжига: материал „А“ — а) 1 час; б) 2 часа; в) 4 часа;  
г) 8 часов; материал „В“ — д) 1 час; е) 2 часа; ж) 4 часа; з) 8 часов.

Рост среднего размера частиц окисной фазы и характер их распределения в вольфрамовой матрице фиксировали на приборе «Квантимер-720; с усреднением 20-ти полей и при увеличении 400 раз, что соответствует размеру точки изображения 0,36 мкм. Изменение среднего размера частиц окиси иттрия и их распределение в отожженных образцах приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Изменение структуры и эксплуатационной стойкости электродного материала при высокотемпературном отжиге

Материал	Время отжига, час	Средний радиус объемных включений, $\bar{R}$ , мкм	Число частиц окиси иттрия, 1/мм <sup>2</sup>	Площадь занимаемая частицами, %	Длина* сваренного шва, м
Электрод „А“	1	3,5575	855	3,4	2,1
	2	3,6186	810	3,38	—
	4	3,7445	785	3,44	—
	8	3,9498	761	3,3	1,8
Электрод „В“	1	2,1087	2650	3,7	3,8
	2	2,3218	2495	3,88	—
	4	2,5222	2310	3,64	—
	8	2,9048	2287	3,4	3,6

\* Условия испытаний электродов: анод — 12X18H10T, ток — 160 А, напряжение — 11,5 В, вылет электродов — 42 мм, длина дуги — 2,5—3 мм, скорость сварки — 12 м/час, расход аргона — 14 л/мин.

Рост частиц окиси иттрия в процессе отжига хорошо описывается основным уравнением «ЛС—теории», рассматривающей поведение ансамбля посторонних выделений фазы в объеме кристаллической матрицы, где вещество выделений ограничено растворимо [1]:

$$\bar{R}_{cp} = \gamma (D_0 \cdot t)^{1/3} \quad \text{или} \quad \bar{R}_{cp}(t) \sim t^{1/3},$$

Здесь  $\bar{R}_{cp}$  — средний размер частиц посторонних выделений;  $\gamma$  — коэффициент, имеющий размерность см<sup>2/3</sup>;  $D_0$  — коэффициент диффузии;  $t$  — время отжига.

Полученная временная зависимость изменения куба среднего размера частиц окиси иттрия в вольфрамовой матрице при высокотемпературном отжиге электродного материала  $W + 2\%Y_2O_3$  представлена на рис. 2.

Найденная экспериментальная зависимость  $\bar{R}(t)$  свидетельствует о выполнении закона  $\bar{R}_{cp} \sim t^{1/3}$ . Хорошая корреляция экспериментальных данных и теоретических представлений указывает на то, что рост частиц окисной фазы обусловлен диффузионной коалесценцией. Совокупность всех окисных включений определяет некоторый усредненный по всему ансамблю уровень пересыщения кристаллической решетки вольфрама атомами иттрия и кислорода, что создает своеобразное «ато-

марное поле». Судьба каждой из частиц при высокой температуре определяется ее взаимодействием с этим усредненным полем. Все частицы в ансамбле можно разделить на две группы. К первой относятся крупные частицы, вблизи которых концентрация атомов меньше, чем в «атомарном поле». К этим частицам будет направлен поток атомов иттрия и кислорода, и они будут расти. К другой группе относятся маленькие частицы  $Y_2O_3$ , вблизи которых концентрация атомов иттрия и кислорода больше, чем их средняя концентрация в обобщенном «атомарном поле». Поток атомов направлен от этих частиц, они уменьшаются и исчезают.

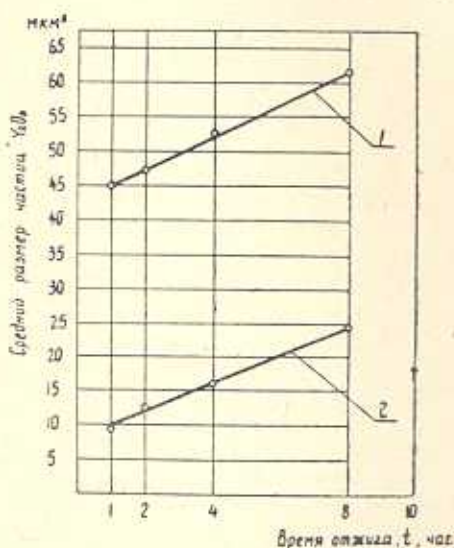


Рис. 2. Зависимость среднего размера частиц окиси иттрия в сплаве  $W + 2\% Y_2O_3$  от времени отжига. Линии: 1 — для материала «А»; 2 — для материала «В».

Описанный процесс диффузионной коалесценции окиси иттрия в вольфрамовой матрице сопровождается увеличением среднего размера частиц и, следовательно, уменьшением их суммарной поверхности.

Процесс коалесценции после 1 часа отжига протекает медленно и его кинетика практически не зависит от исходной чистоты электродного материала. Основная доля коалесценции реализуется, по-видимому, уже при подъеме температуры и на начальных этапах изотермической выдержки при спекании.

Отожженные образцы-электроды шлифовались по диаметру с 5 до 3 мм для удаления поверхностного слоя, обедненного при отжиге окисью иттрия. Химический анализ показал, что содержание  $Y_2O_3$  в отожженных шлифованных образцах не изменилось.

Шлифованные образцы-электроды испытывали в условиях аргонодуговой сварки. Условия испытаний и их результаты приведены в табл. 2.

Полученные результаты показывают, что эксплуатационная стойкость электродов после отжига понижается. Это позволяет утверждать, что уменьшение проплавляющей способности дуги и эксплуатационной стойкости электродов при высокой температуре в процессе аргоно-дуговой сварки обусловлено не только истощением активизирующей присадки, но и изменениями структуры его рабочего участка (ростом зерна матрицы и частиц окиси иттрия, уменьшением их суммарной поверхности), которые ухудшают эмиссионную способность электродного материала.

### Выводы

1. Изучено влияние высокой температуры на структуру и эксплуатационную стойкость электродного материала  $W + 2\% Y_2O_3$ .
2. Показано, что при высокой температуре (температуре эксплуатации) происходит рост зерна вольфрамовой матрицы и диффузионная коалесценция частиц окиси иттрия с ростом их среднего размера и уменьшением суммарной поверхности по механизму «ЛС-теории».
3. Кинетика структурных изменений практически не зависит от чистоты материала.
4. Показано, что структурные изменения электродного материала при высокой температуре обуславливают понижение его эксплуатационной стойкости в условиях аргоно-дуговой сварки.

МНСиС

Поступило 11.XII.1978.

Ա. Ս. ԿԻՊԱՐԻՍՈՎ, Ա. Պ. ՊԱՆԿՎԻՉ, Լ. Հ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

ԲԱՐՁՐ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԱԶԳԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ  $W + 2\% Y_2O_3$   
ԷԼԵԿՏՐՈԴԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱՄՔԻ ԵՎ ՇԱՀԱԳՈՐԾՄԱՆ  
ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո ս ի մ

Ուսումնասիրված է էլեկտրոդային նյութի կառուցվածքն ու շահագործման կաշունտվյուճը շիկաթրծման պրոցեսում,  $2250 \pm 20^\circ\text{C}$ -ի դեպքում, որը մոտ է էլեկտրոդի միջին բանվորական ջերմաստիճանին արգոն-աղեղնային եռափուլի ժամանակ:

Բացահայտված է, որ շիկաթրծման ընթացքում տեղի է ունենում վոլֆրամի մատրիցայի հատիկների մեծացում և խորրումի օբսիդի մասնիկների դիֆուզիային կոալեսցենցիա՝ նրանց միջին շափի աճ և զուսարային մակերեսի կրճատում ըստ «ԼՍ-տեսության» մեխանիզմի:

Կառուցվածքային փոփոխությունների կինետիկան զործնականորեն կախված չէ էլեկտրոդային նյութի մաքրությունից և այդ փոփոխությունները պայմանավորում են էլեկտրոդի շահագործման կաշունտվյուճի իջեցում եռափուլի ժամանակ:

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гезулин Я. Е. «Физика спекания». М., «Наука», 1967, 360 с.