## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ СВС-КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ТіС+X%Ме

## А. А. Ситников, В. И. Яковлев, М. Н. Сейдуров, Ю. Н. Камышов, И. Ю. Головин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

Одной из главных задач по созданию новых сварочных материалов для дуговой наплавки порошковыми проволоками, обладающих высокими физико-механическими и технологическими свойствами является разработка специальных порошковых материалов, а также экономичных и экологически чистых технологий их получения.

К числу таких материалов и технологий могут быть отнесены материалы, полученные методом СВС. Существует большой резерв управления свойствами материала покрытия за счет модифицирования и создания композитной структуры. Для всех классов композитной структуры. Для всех классов композитов важным является оптимизация структуры, в частности снижение размеров зерен упрочняющей фазы до наноуровня, регулирование структурообразованием с целью обеспечения заданных триботехнических и прочностных характеристик.

Перспективным методом получения композиционных материалов для наплавки является проведение СВС-реакций в металлических матрицах, для чего проводится механоактивационное перемешивание металла матрицы и компонентов-реагентов в планетарной шаровой мельнице. Преимущества синтеза в матрицах состоят в высокой дисперсности и равномерности распределения частиц, образующихся фаз в матрице, в общем случае недостижимые при использовании простого смешивания ранее синтезированных соединений.

Цель работы – изучение тонкой структуры и фазового состава покрытий, полученных дуговой наплавкой из порошков механоактивированных СВС-композитов на основе смеси TiC+X%Me.

Конструкция электрода для наплавки представляла собой стальную трубку наруж-

ным диаметром 7 мм с толщиной стенки 1 мм, заполненную экспериментальным порошковым составом. На боковую поверхность порошкового электрода наносили на основе жидкого стекла обмазку рутилового типа. Дуговая наплавка в три прохода осуществлялась на сталь 45 порошковым электродом, содержащим смесь: 1) ТіС+Р6М5 (80 % масс.) - CBC-механокомпозит; 2) TiC+ПР-H70X17C4P4-3 (80 % масс.) - СВС-механокомпозит. При проведении исследований использованы методы металлографического (Carl Zeiss AxioObserver A1m), электроннооптического и спектрального анализа фазового состава (Carl Zeiss EVO 50 XVP с микроанализатором EDS X-Act «OXFORD»). При исследовании общей и тонкой структуры покрытий применяли химическое травление в течение 5 мин водным раствором 20 % красной кровяной соли K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] и 20 % КОН.

В наплавленном слое покрытия типа TiC+P6M5 прослеживаются одиночные ромбовидные мелкие карбиды титана и их цепочки в виде дорожек, зачастую имеющих приблизительное очертание шестигранника (рисунок 1, а). Вместе со строчками карбидов и их единичными включениями правильной ромбической формы, в структуре покрытия типа TiC+ПР-H70X17C4P4-3 присутствуют карбидные включения неправильной формы, не имеющие ориентировки (рисунок 1, б).

Для определения химического состава и размеров карбидных частиц различной морфологии, сформировавшихся после проведения СВС и выполнения дуговой наплавки, были проведены дополнительные исследования тонкой структуры. Результаты представлены на рисунке 2, таблица 1 и на рисунке 3, таблица 2.



Рисунок 1 – Микроструктура покрытия типа: a) TiC+P6M5; б) TiC+ПР-H70X17C4P4-3

Таблица 1 – Весовое распределение химических элементов в частицах механокомпозита состава TiC+P6M5 (80 % масс.)

Элемент	Весовой %	
	спектр 1	спектр 2
С	10,16	5,89
Ti	72,75	41,98
Fe	16,36	24,62

Таблица 2 – Весовое распределение химических элементов в частицах механокомпозита состава TiC+ПР-H70X17C4P4-3 (80 % масс.)

Элемент	Весовой %	
	спектр 3	спектр 2
С	18,17	22,06
Ti	72,17	54,34
Fe	7,83	20,12

Установлено, что в структуре наплавленных образцов, полученных из порошков механоактивированных СВС-композитов на основе смеси TiC+ПР-H70X17C4P4-3 (80 % масс.) преобладают именно карбидные включения титана неправильной формы по сравнению с ромбической. В процессе механоактивации происходит измельчение материалов, а в процессе синтеза, образование новых соединений. Карбид титана (TiC) входит в группу сильно нестехиометрических соединений, объединяющую кубические и гексагональные карбиды. Среди нестехиометрических соединений TiC является уникальным соединением, так как может существовать, когда более половины всех узлов его неметаллической подрешетки вакантны. Неупорядоченный карбид титана TiC<sub>у</sub> обладает исключительно широкой областью гомогенности – от TiC<sub>0,48</sub> до TiC<sub>100</sub>.

Полученные экспериментальные данные по микроанализу (таблица 1 и 2) свидетельствуют о том, что в наплавленном материале зерно TiC претерпевает существенные изменения и представляет собой нестехиометрический карбид TiC, с возможностью образованием упорядоченных фаз типа: Ti<sub>2</sub>C, Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub> и Ti<sub>6</sub>C<sub>5</sub> с кубической и ромбической симметрией.

Таким образом, по результатам исследований тонкой структуры покрытий можно сделать вывод о том, что химический состав матрицы CBC-механокомпозитов – TiC + X % Ме (P6M5,ПР-H70X17C4P4-3) оказывает первостепенное влияние на общую структуру и форму выделения карбидной фазы.

Установлено, что в результате механоактивационной обработки компонентов шихты в составе порошка TiC + X % Ме, проведения CBC и дуговой порошковой наплавки, в структуре покрытия присутствуют частицы карбидной фазы различной стехиометрии TiC в объеме металлической матрицы (Р6М5,ПР-Н70Х17С4Р4-3), что свидетельствует о возможности управления структурой, изменением вида и содержания металла матрицы.





Рисунок 2 – Микроструктура и м борфология частиц механокомпозита покрытия типа TiC+P6M5: а) неправильной формы, спектр 1; б) кубической формы, спектр 2

пектр ЗОмкт Электронное изображение 1 а Спектр 2

А. А. СИТНИКОВ, В. И. ЯКОВЛЕВ, М. Н. СЕЙДУРОВ, Ю. Н. КАМЫШОВ, И. Ю. ГОЛОВИН

Рисунок 3 – Микроструктура и морфология частиц механокомпозита покрытия типа TiC+ПР-H70X17C4P4-3 (80 % масс.): а) неправильной формы, спектр 3; б) кубической формы, спектр 2

Электронное изображение 1

б

30мкт