

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НАПЛАВКИ
ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Собачкин А. В.

научный руководитель д-р техн. наук Ситников А. А.

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Для противостояния износу рабочие поверхности необходимо упрочнять. Один из наиболее эффективных способов упрочнения – электродуговая наплавка. Это недорогой метод продления срока службы металлических изделий нанесением на их поверхность защитного слоя. На повышение износостойкости изделий оказывает влияние целый ряд параметров, например, увеличение микротвердости поверхностного слоя детали, равномерность распределения твердых частиц по наплавленному слою. Микротвердость – это важная характеристика физико-механических свойств наплавленных покрытий. Она во многом определяет стойкость покрытия к воздействию агрессивной среды, которая в большинстве случаев содержит различные твердые частицы, в результате чего изделие подвергается совместному воздействию коррозионной среды и механическому износу. Особенно это относится к верхним слоям покрытия, которые в первую очередь контактируют с коррозионно-эрозионными средами. Таким образом, показатель микротвердости может дать достаточно полную информацию о функциональной эффективности наплавленного покрытия.

Одним из эффективных способов достижения высокой износостойкости является применение твердых сплавов, например карбидов тугоплавких металлов. Кроме того, износостойкость наплавочных материалов существенным образом зависит от типа и количества карбидной фазы в сплавах. Чаще всего упрочняющая фаза в наплавочных сплавах содержит карбиды: Fe_3C ; Mn_3C ; Cr_7C_3 ; W_2C ; WC ; VC ; TiC ; V_4C , Mo_2C , и др., а также карбобориды, нитриды, железа и легирующих элементов. Из всех широко применяемых для легирования тугоплавких карбидов металлов карбид титана обладает наиболее высокой температурой плавления, а также твердостью.

Однако в подобных покрытиях существует проблема неравномерного распределения твердой фазы по объему наплавки, т.е. имеются участки наплавленного металла с различной структурой и, соответственно, твердостью, что приводит к резкому увеличению износа на определенных этапах эксплуатации. Неравномерность химического состава наплавленного металла также несколько усиливает избирательность процесса изнашивания особенно при взаимодействии с незакрепленными абразивами. Поэтому разработка и исследование износостойкого материала, структура которого содержит мелкодисперсные частицы упрочнителя, равномерно распределенные по объему покрытия, является весьма актуальной задачей.

Исходя из этого, в работе используются перспективный метод получения порошковых компонентов, содержащих карбидную фазу – проведение реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в инертных матрицах. 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. При этом, равномерность распределения карбидных соединений в объеме металлической матрицы может сохраняться в процессе наплавки. Кроме того, структура наплавленного металла при введении таких соединений карбидов может обеспечить более высокую

износостойкость и твердость сплава по сравнению с отдельным способом легирования карбидами.

Целью работы является изучение тонкой структуры, фазового состава и некоторых свойств покрытий, полученных дуговой наплавкой из порошков механоактивированных СВС-композитов состава $TiC + X \% ПР-N70X17C4P4-3$.

Для экспериментальных исследований дуговая наплавка осуществлялась на подложку из стали 45 трубчатым порошковым электродом, содержащим смесь СВС-механокомпозитов состава $TiC + ПР-N70X17C4P4-3 (X \% \text{ масс.})$. Степень разбавления металлом матрицы составляла от 90 % до 70 % с шагом 10 %. Предварительно порошковые компоненты подвергались механоактивационной обработке в планетарной шаровой мельнице. СВС-реакция осуществлялась в режиме фронтального горения.

При проведении исследований использовались следующие методы:

- метод металлографического анализа, реализованный с помощью оптического микроскопа Carl Zeiss AxioObserver Z1 m,
- метод электронно-оптического и спектрального анализа фазового состава, реализованный с применением растрового электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 50 XVP с микроанализатором EDS X-Act «OXFORD».
- для измерения твердости в направлении от наплавленного слоя к основному металлу использовался микротвердомер для проведения испытаний по Виккерсу 402MVD с возможностью работы в автоматическом и ручном режиме в диапазоне нагрузок от 0,01 до 2 кг.
- для определения износостойкости наплавленного покрытия в качестве испытательного оборудования использовалась машина трения, предназначенная для испытаний различных фрикционных и смазочных материалов на трение и износ с максимальным моментом трения 40 Н•м и максимальной частотой вращения шпинделя 3000 мин⁻¹

Проведение металлографических исследований на образцах с матрицей типа $TiC + ПР-N70X17C4P4-3 (80 \% \text{ масс.})$ показало, что в наплавленном металле выделяются карбидные частицы различной формы. Вместе со строчками карбидов и их единичными включениями кубической формы, в структуре покрытия присутствуют карбиды более крупных (по сравнению с единичными) размеров неправильной формы, не имеющие ориентировки (рис. 1).

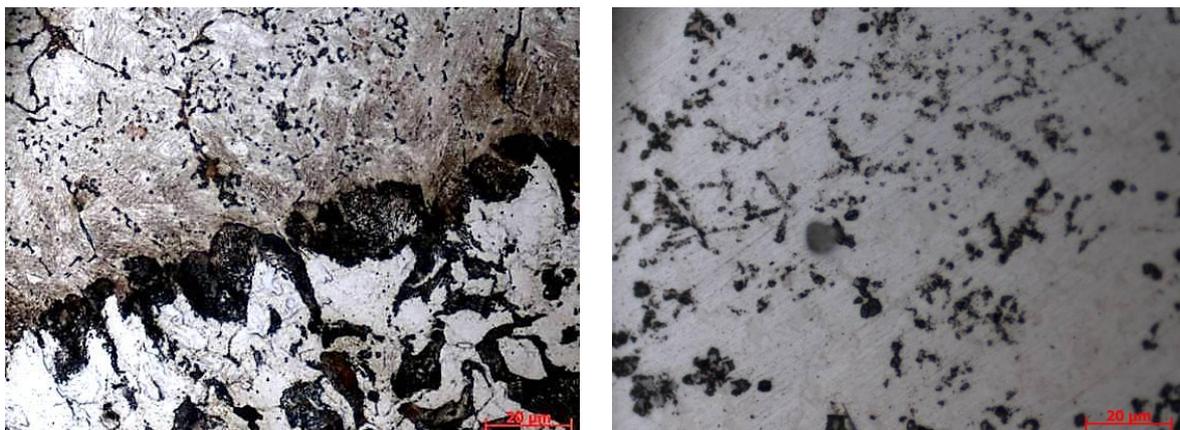


Рис. 1. Микроструктура наплавленного металла из порошков СВС-механокомпозитов состава $TiC + 80 \% TiC + ПР-N70X17C4P4-3$

Установлено, что по мере уменьшения степени разбавления СВС-механокомпозита состава $TiC + X \% ПР-N70X17C4P4-3$ металлом матрицы

значительно возрастает количество крупных карбидных частиц различной формы, выделяющихся внутри зерна.

Для детального рассмотрения морфологии титаносодержащих включений были проведены электронно-оптический и спектральный анализы фазового состава, подтвердившие наличие нескольких видов карбида титана в наплавленном металле (одиночные крупные карбиды кубической и неправильной формы, а также мелкие карбиды и их цепочки). Результаты исследования по растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом в микроточке представлены на рис. 2 и в таблице 1.

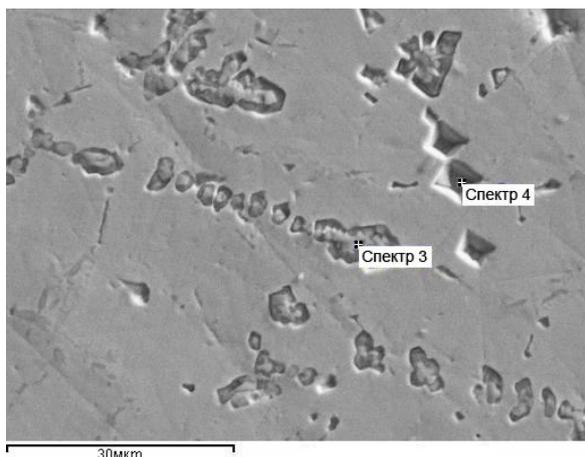


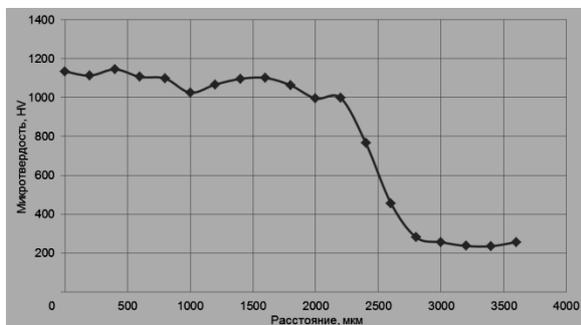
Рис. 2. Микроструктура и морфология частиц механокомпозитов в покрытиях состава $TiC + 80\% PP-H70X17C4P4-3$

Таблица 1. Весовое распределение химических элементов в частицах механокомпозитов покрытий $TiC + 80\% PP-H70X17C4P4-3$

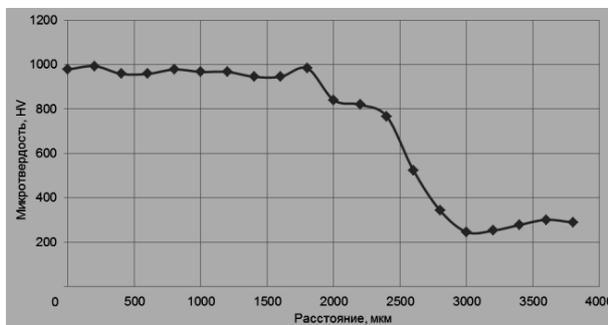
Химический элемент	Весовой %	
	спектр 3	спектр 4
C	18,17	22,06
Ti	72,17	54,34
Fe	7,83	20,12

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в наплавленном металле зерно карбида титана претерпевает существенные изменения и представляет собой нестехиометрический карбид TiC , с кубической и ромбической симметрией.

Результаты измерения микротвердости представлены на рис. 3. Исходя из характера зависимостей, можно сделать вывод, что микротвердость наплавленного слоя в несколько раз превосходит микротвердость материала основного металла (сталь 45) и возрастает при увеличении процентного содержания карбидов в матрице наплавочного порошка. Поэтому можно прогнозировать значительный прирост к износостойкости наплавленных изделий.



а) $TiC + 70\% PP-H70X17C4P4-3$



б) $TiC + 80\% PP-H70X17C4P4-3$

Рис. 3. Распределение микротвердости в направлении от наплавленного слоя к основному металлу в образце $TiC + PP-H70X17C4P4-3$ (X % масс.)

Для подтверждения этого в лабораторных условиях были проведены исследования по определению весового износа покрытий в зависимости от степени разбавления металлом матрицы. Выбор параметров испытаний осуществлялся по ГОСТ 17367 – 71 «Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закреплённые абразивные частицы». Результаты испытаний по определению весового износа наплавленных покрытий в зависимости от степени разбавления металла матрицы карбидами представлены на рис. 4 и в таблице 2.

По результатам исследования износостойкости установлено, что наплавленные электродуговым способом покрытия из порошков СВС-механокомпозитов с 90 % степенью разбавления металлом матрицы имеют меньшую сопротивляемость изнашиванию, что можно объяснить более низким содержанием карбидов. При снижении степени разбавления металлом матрицы композита повышается интенсивность перехода карбидообразующих элементов из порошков СВС-механокомпозитов в наплавленный металл, что обеспечивает повышение износостойкости и твердости покрытия.

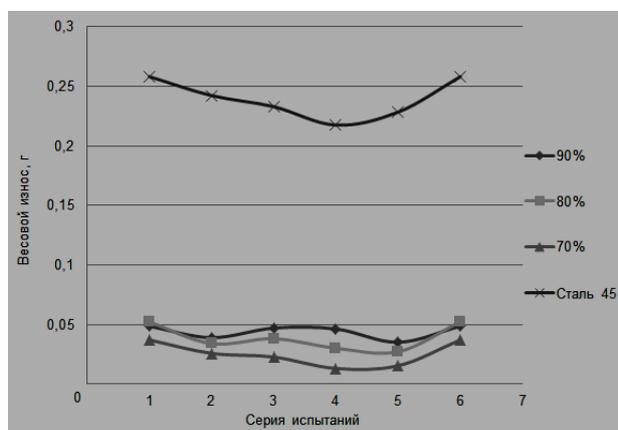


Рис. 4. Весовой износ наплавленных образцов

Таблица 2. Результаты исследования износостойкости

Серия испытаний	Степень разбавления металлом матрицы, % масс		
	90	80	70
Весовой износ, г			
1	0,0487	0,0523	0,0372
2	0,0391	0,0341	0,0259
3	0,0471	0,0382	0,0228
4	0,0464	0,0302	0,0132
5	0,0352	0,0273	0,0155
6	0,0487	0,0523	0,0372
Сравнительное испытание			
Сталь 45	0,2581	0,2422	0,2329
	0,2174	0,2283	0,2581

Таким образом, по итогам работы можно сделать вывод, что в результате механоактивационной обработки компонентов порошковой смеси TiC + X % ПР-Н70Х17С4Р4-3, проведения реакции СВС и дуговой наплавки в структуре покрытия формируются карбидные частицы различной стехиометрии TiC в объеме металлической матрицы (ПР-Н70Х17С4Р4-3). При этом, наблюдается достаточно равномерное распределение синтезированных в матрице карбидных соединений по объему наплавленного металла. Полученная структура наплавленного металла обеспечивает высокую микротвердость, а также износостойкость покрытия. Применяемый способ повышения износостойкости с помощью порошковых электродов из СВС-материалов позволит существенно (в 2-3 раза) увеличить срок службы деталей, узлов и агрегатов машин, работающих в тяжелых условиях коррозионно-абразивного изнашивания.

Работа выполнена в рамках реализации направления 1 «Стимулирование закрепления молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий» федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.