

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ПОКРЫТИЙ TiC + P6M5

А.В. Барановский¹, М.Г. Криницын¹, И.А. Фирсина

Научный руководитель: Главный научный сотрудник, д.т.н. Г.А. Прибытков²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ИФПМ СО РАН,
Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055,

E-mail: Nigalisha@gmail.com

Металломатричные композиты со структурой из дисперсных твердых частиц, заключенных в металлическую матрицу, обладают уникальным сочетанием твердости, износостойкости и вязкости. В безвольфрамовых или маловольфрамовых инструментальных твердых сплавах дорогой карбид вольфрама частично заменяют кубическим карбидом титана, твердость которого в полтора раза превышает твердость карбида вольфрама. Спеченные металломатричные композиты на основе карбида титана со стальными связками называют карбидостаями [1]. Карбидостали применяют в тех случаях, когда по условиям работы от материала требуется высокая твердость и достаточная вязкость, чтобы противостоять умеренным ударным нагрузкам. Наибольший практический интерес в качестве связок в карбидостаях представляют легированные стали, принимающие закалку при малых скоростях охлаждения. Именно таким свойством обладает быстрорежущая сталь P6M5. В настоящей работе приведены результаты исследований электронно-лучевых покрытий, наплавленных с применением СВС композиционных порошков «TiC+P6M5». Целью работы было исследовать связь структуры наплавленных покрытий с их твердостью и износостойкостью и установить механизмы изнашивания покрытий абразивным зерном.

Для наплавки использовали композиционные порошки, полученные дроблением и рассевом на фракции СВС спеков, полученных послойным горением порошковых реакционных смесей из титана, технического углерода (сажи) и ПР-10P6M5. Более подробно условия получения композиционных порошков и их свойства описаны в [2]. Для улучшения наплавляемости композиционные порошки разбавляли стальным порошком, чтобы получить интегральное содержание связки 80 об. %. Наплавку проводили на специальной установке [3, 4], которая включает вакуумную камеру с системой откачки, дозатор порошка с прибором управления дозатором, манипулятор и электронно-лучевую пушку с высоковольтным источником питания и системой управления лучом. Покрытия наплавливали на подложки из малоуглеродистой стали толщиной 4 мм при следующих режимах: ускоряющее напряжение – 27 кВ, ток луча до 100 мА, амплитуда сканирования непрерывного электронного луча – 20 мм, скорость продольного перемещения подложки – 3 мм/с, скорость подачи порошкового наплавочного материала в зону наплавки – 50 г/мин.

Покрытия, сформированные многопроходной электронно-лучевой наплавкой, имеют толщину 2 – 5 мм (в зависимости от числа проходов). В основном объеме (вне переходной зоны покрытие – подложка) покрытия имеют характерную структуру, включающую гранулы композиционного порошка и отдельные карбидные частицы в стальной связке. Таким образом, при использованных нами режимах наплавки композиционные покрытия имеют структуру с двумя разномасштабными упрочняющими элементами: гранулы размером более 100 мкм и отдельные карбидные включения в стальной матрице. Карбидные включения различаются по дисперсности и морфологии и имеют двойное происхождение. Большая часть из них принадлежит гранулам наплавляемого порошка и перешла в объем наплавочной ванны после расплавления стальной связки в периферийных областях гранул. Другая, меньшая по количеству и размеру часть карбидных включений выпала из пересыщенного по титану и углероду жидкометаллического раствора наплавочной ванны на стадии охлаждения. После наплавки порошковых смесей P6M5 с композиционными порошками различной дисперсности выяснилось, что средний размер нераспавшихся гранул композиционных порошков в структуре наплавки значительно меньше по сравнению с исходным размером (рис. 1) за счет расплавления связки в периферийных областях гранул. При этом размер гранул в наплавках мелким порошком не зависит от содержания стальной связки в гранулах, а в наплавках крупным порошком он монотонно уменьшается с увеличением содержания связки в гранулах.

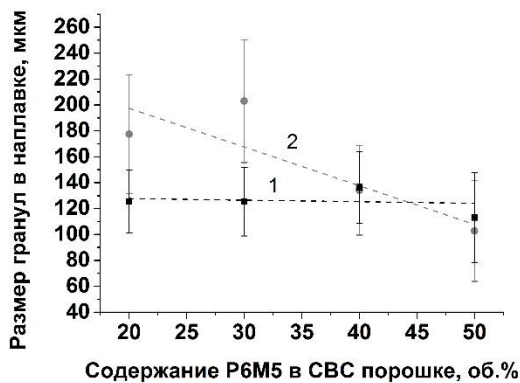


Рис. 1. Зависимость среднего размера гранул в наплавках композиционными порошками различной дисперсности от содержания стальной связки в гранулах. Исходный размер гранул композиционного порошка: 1: 125 – 200 мкм; 2: 200 – 315 мкм

Средняя твердость покрытий, наплавленных смесями с мелкими композиционными порошками, увеличивается с увеличением содержания связки в мелких гранулах композиционного порошка (рис. 2 а). Характерно, что твердость покрытия, наплавленного стальным порошком, находится примерно посередине интервала, в котором изменяется твердость покрытий, наплавленных композиционными порошками. Таким образом, из-за эффекта самозакалки стали Р6М5 введение карбида титана мало влияет на твердость композиционных покрытий, в отличие от его влияния на абразивную износостойкость (рис. 2 б). Износостойкость композиционных покрытий, наплавленных крупными порошками, выше износостойкости покрытий Р6М5 в 2,3 раза, а для покрытий, наплавленных мелкими порошками – примерно в 4,7 раз, что связано с микроструктурой композиционных наплавок.

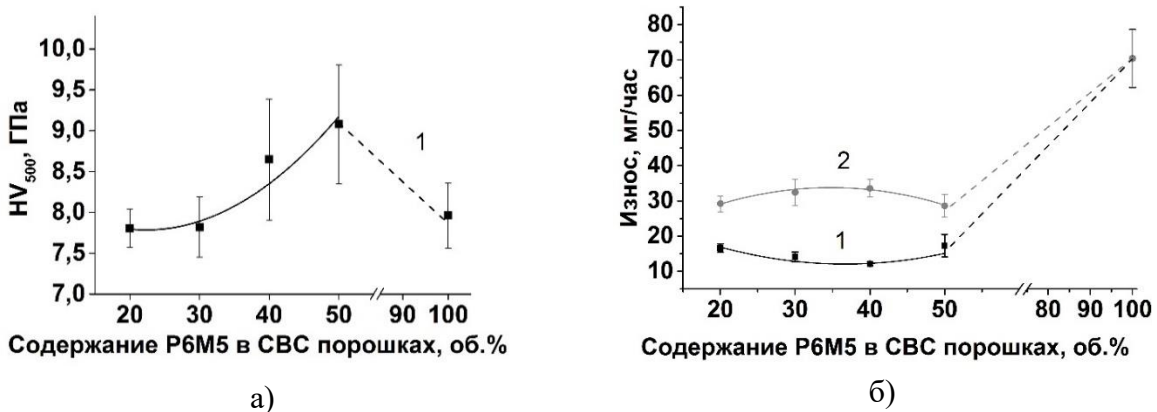


Рис.2. Зависимость твердости (а) и скорости износа (б) наплавок порошком Р6М5 и порошковыми смесями от содержания стальной связки в СВС композиционных порошках. Интегральное содержание Р6М5 в наплаваемых порошковых смесях – 80 об. %.

1: – наплавка порошками 125 – 200 мкм; 2: – наплавка порошками 200 – 315 мкм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич Ю.Г., Нарва В.К., Фраге Н.В. Карбидостали. М.: Металлургия, 1988.
2. Прибытков Г.А., Коржова В.В., Барановский А.В., Криницын М.Г. Фазовый состав и структура СВС композиционных порошков «карбид титана – связка из стали Р6М5» // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия 2016. №2. С. 11-19.
3. Панин В.Е., Белюк С.И., Дураков В.Г., Прибытков Г.А., Ремпе Н.Г. Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий // Сварочное производство. 2000. № 2. С 34-38.
4. Белюк С.И., Дураков В.Г. Способ электронно-лучевой наплавки. Патент РФ № 2156321. Приоритет от 32.12.1997г., Опубликовано 20.09.2000г.