

ТОНКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ В₄С-Ni-P

В.А. Безрукова, Е.Е. Корниенко
Новосибирский государственный технический университет
E-mail: vikabezrukova1995@mail.ru

Введение

Актуальной проблемой современного материаловедения является разработка износостойких материалов. Одним из наиболее перспективных материалов является карбид бора (В₄С). Интерес к данному материалу обусловлен комплексом его уникальных свойств: высокой микротвердостью (30...48 ГПа) и износостойкостью, низкой плотностью (2,51...2,55 г/см³), а также высокой коррозионной стойкостью [1]. Наряду с указанными достоинствами карбид бора обладает такими недостатками, как отсутствие пластичности, что значительно усложняет механическую обработку объемных изделий из В₄С. Решением данной проблемы является нанесение покрытий. Это позволяет не только сформировать качественные износостойкие покрытия, но и значительно продлить срок службы изделия за счет восстановления изношенных поверхностей. Стоит отметить, что качественное покрытие из карбида бора возможно сформировать только при наличии пластичной связки (Ni, Co, Al, Ti). Наиболее простым и экономичным способом нанесения покрытий является воздушное плазменное напыление [2]. Известно, что сверхвысокие скорости охлаждения позволяют зафиксировать аморфные и нанокристаллические структуры в покрытиях. Вероятность формирования аморфной структуры возрастает при добавлении элементов-металлоидов (В, С, Р). Стоит отметить, что подобных исследований в литературе ограниченное количество. Таким образом, целью настоящей работы является исследование структуры плазменных покрытий из В₄С-Ni-P на различных масштабных уровнях.

В качестве напыляемого материала использовали порошок В₄С, плакированный 30 мас. % Ni. В качестве основного материала использовали трубы из стали 20 диаметром 25 мм и толщиной стенки 3 мм. Напыление проводили в ИТПМ СО РАН на установке плазменного напыления «Термоплазма 50-01» с использованием технологии распределенного кольцевого ввода порошка в плазменную струю. В качестве плазмообразующего и транспортирующего газов использовали воздух, в качестве защитного – смесь воздуха и пропан-бутана. Режимы напыления: ток дуги – 180 А, напряжение – 180 В. Дистанция напыления – 170 мм.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1(а) видно, что плазменные покрытия имеют толщину ~ 1200 мкм. Покрытия состоят из темных частиц, распределенных в металлической матрице (рисунок 1 (б)), а также участков с эвтектической структурой, расположенных вокруг темных частиц. Рентгенофазовым анализом было установлено, что основными фазами покрытий являются В₄С, Ni, бориды никеля (Ni₄B₃, Ni₃B, NiB) и оксиды бора и никеля (В₂О₃, NiO, Ni₂О₃). Результаты микрорентгеноспектрального анализа показали, что частицы 1 на рисунке 1 (б) имеют в своем составе бор и углерод, а металлическая матрица (2 на рисунке 1 (б)) и эвтектические участки (3 на рисунке 1 (б)) – никель, бор и фосфор. Полученные данные позволяют сделать следующий вывод: частицы 1 на рисунке 1 (б) – частицы В₄С, металлическая матрица представляет собой бориды никеля.

Исследования тонкой структуры покрытий проводили с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии. Было обнаружено наличие переходной зоны шириной 500 нм вокруг частиц карбида бора (рисунок 2 (а)), что свидетельствует о высоком уровне когезии между частицами карбида бора и матрицей. Материал переходной зоны характеризуется аморфно-кристаллической структурой (рисунок 2 (б)), о чем свидетельствует полученная картина микродифракции: диффузное кольцо говорит о наличии аморфной составляющей, а отдельные рефлексы – о нанокристаллической.

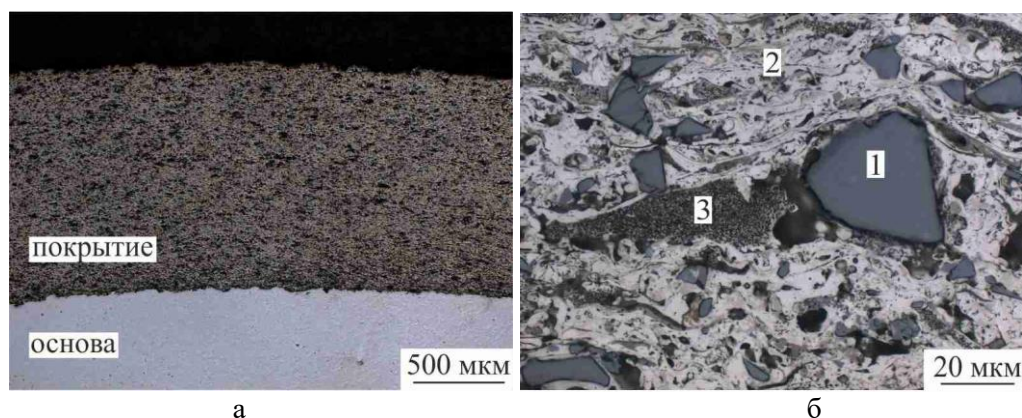


Рис. 1. Оптическая микроскопия: а) композиция «основной металл - покрытие»; б) микроструктура покрытий.
1 – частицы карбида бора; 2 – металлическая матрица; 3 – эвтектические участки

Металлическая матрица характеризуется наличием участков с нанокристаллической (рисунок 2 (в)), а также столбчатой структурой (рисунок 2 (г)). Образование пакетов столбчатых кристаллов шириной до 20 нм связано с высокими степенями деформации напыляемых частиц при соударении с затвердевшим материалом.

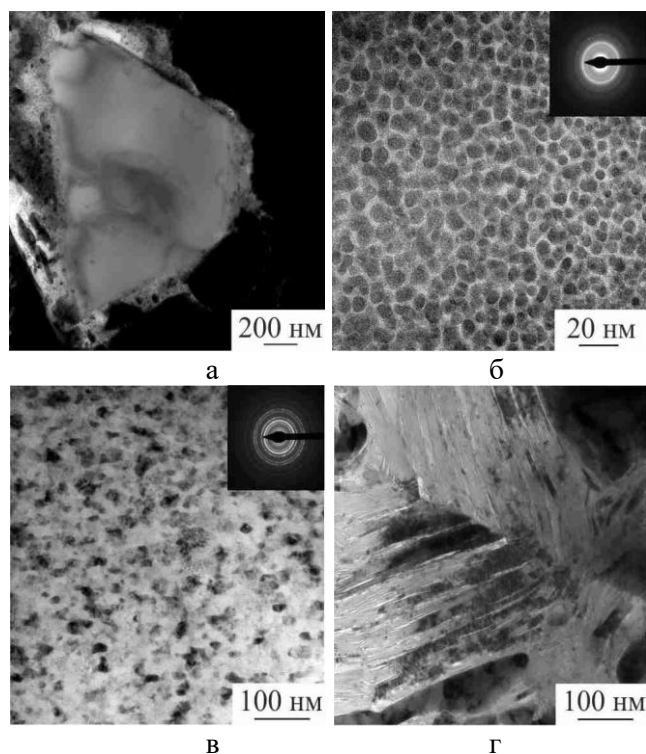


Рис. 2. Просвечивающая электронная микроскопия: а) частицы карбида бора и переходная зона; б) аморфно-кристаллическая структура переходной зоны; в) нанокристаллическая структура металлической матрицы; г) столбчатые кристаллы

Список литературы:

1. Рисованый В. Д., Захаров А. В., Ключков Е. П., Гусева Т. М. Бор в ядерной технике. - Димитровград: ОАО «ГНЦ НИИАР», 2011. - 668 с.
2. Zhengping Mao, Jing Ma, Jun Wang, Baode Sun. Comparison of the coatings deposited using Ti and B₄C powder by reactive plasma spraying in air and low pressure // J Mater Sci. - 2009. - Vol. 44. - P. 3265-3272.