

УДК 62-408.2

П.В. Рудак, доц., канд. техн. наук; Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск);

С.Д. Латушкина, зав. отделом (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»);

О.Г. Рудак, ассист., магистр техн. наук;

О.Ю. Пискунова, инж.; Е.А. Зборин, студ. (БГТУ, г. Минск);

Е.Ю. Разумов, доц., д-р техн. наук

(Поволжский государственный технологический университет, Россия)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ TiZrN

Вакуумно-плазменные покрытия на основе тугоплавких соединений широко используются для повышения эксплуатационных свойств ответственных деталей и режущего инструмента. Уникальные физико-химические свойства наноструктурных систем обусловили их применение в самых разнообразных областях науки и техники.

Эффективность использования покрытий определяется комплексом их физико-механических свойств: твердостью и износостойкостью покрытия, прочностью сцепления, коэффициентом термического расширения, теплопроводностью, способностью сохранять основные свойства при высоких температурах. Указанные физико-механические свойства покрытий во многом определяются особенностями их структурообразованием.

Большое научное и практическое значение имеют исследование структурообразования наноструктурированных вакуумно-плазменных покрытий различных систем.

Вакуумно-плазменные покрытия системы TiZrN осаждались на подложки из стали 10X18H10T при различных режимах. Применялась вакуумно-дуговая установка УРМЗ.279.048, оснащенная сепаратором макрочастиц. Были использованы катоды из титана VT1-0и циркония. Парциальное давление азота $1,8-2,0 \times 10^{-4}$ Торр. Ток дуги для титанового катода I_{Ti} устанавливался из диапазона 40–80 А, для циркониевого катода ток дуги I_{Zr} из диапазона 55–80 А.

Исходя из максимальной скорости осаждения и равномерности осаждения покрытий, были выбраны следующие значения: ток фокусирующей катушки – 3 А, ток направляющей катушки – 0,7 А.

Образцы с покрытиями изучали методами электронной микроскопии с микрорентгеноспектральным анализом, рентгеноструктурного анализа. Режимы нанесения и результаты исследований образцов с покрытиями представлены в таблице.

Для покрытий системы TiZrN вне зависимости от концентрации

Zr основной кристаллической составляющей является твердый раствор TiZrN на основе кубической решетки структурного типа NaCl.

Таблица – Режимы нанесения, результаты элементного и рентгеноструктурного анализа покрытий системы TiZrN

№ образца	Структура	I _{Ti} , А	I _{Zr} , А	C _{Ti} , ат. %	C _{Zr} , ат. %	Период решетки, Å	ОКР, нм	Внутренние напряжения, ГПа
ТЦ1	TiZrN	60	60	53,37	15,36			
ТЦ2		40	60	40,57	28,62	4,456	6,5	-22,2
ТЦ3		80	60	55,46	13,36	4,348	6,9	-25,4
ТЦ4		60	80	45,64	23,84	4,432	7,6	-13,1
ТЦ5		80	55	48,08	5,04	–	–	–

Интенсивность отражения от кристаллографической плоскости (111) имеет ярко выраженный пик для покрытий TiZrN при различных концентрациях Zr. Рост текстуры (111) возможно связан с минимизацией общей свободной энергии покрытия, которая включает в себя энергию деформации и поверхностную энергию. Период решетки покрытий TiZrN увеличивается с повышением концентрации Zr, поскольку атомный радиуса циркония (0,160 нм) превышает атомный радиуса титана (0,146 нм) и происходило образование твердого раствора $Ti_xZr_{1-x}N$ на базе решетки TiN.

Установлено, что введение легирующих элементов в покрытия TiN приводит к уменьшению размера зерна до 6–8 нм в случае покрытий TiZrN в зависимости от концентрации легирующего элемента в покрытии. В то время как для покрытий TiN этот показатель составляет 30–40 нм.

Необходимо отметить, что для всех исследованных покрытий характерны высокие значения сжимающих остаточных напряжений порядка 13–20 ГПа. Это свойственно конденсатам нитридов, полученным в условиях ионной бомбардировки, способствующей улучшению адгезии покрытия к материалу основы и развитию в нем структурных напряжений сжатия, обусловленных «atomic screening» эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудак П.В. Структурообразование наноструктурированных вакуумно-плазменных покрытий / П.В. Рудак, Д.В. Куис, С.Д. Латушкина // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых (22-23 окт. 2015 г.). – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – С.78.