

УДК 621.793.1; 537.525.5

DOI: 10.17223/00213411/62/6/31

*О.В. КРЫСИНА, В.В. ШУГУРОВ, Н.А. ПРОКОПЕНКО, Е.А. ПЕТРИКОВА, О.С. ТОЛКАЧЕВ, Ю.А. ДЕНИСОВА***ФОРМИРОВАНИЕ ZrNbN-ПОКРЫТИЙ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ***

Синтезированы ZrNbN-покрытия с разной концентрацией ниобия вакуумно-дуговым методом. Проведены исследования элементного и фазового состава сформированных покрытий, их структуры и свойств. Определено влияние параметров дугового разряда с ниобиевым катодом на элементный состав покрытия. Выявлены зависимости физико-механических и трибологических свойств от концентрации ниобия в ZrNbN-покрытии. Продемонстрировано, что наилучшими свойствами обладает покрытие с концентрацией ниобия 9.8 ат. %: высокой твердостью (до 39.4 ГПа), низкой шероховатостью (0.03 мкм), относительно низким коэффициентом трения (0.43), низким параметром износа (до $9.4 \cdot 10^{-6}$ мм³/(Н·м)).

Ключевые слова: вакуумно-дуговое осаждение, ZrNbN-покрытие, легирующий элемент, дуговой разряд, свойства, нанокристаллическая структура, элементный и фазовый состав, коэффициент трения, износостойкость.

Введение

Необходимость существенного улучшения механических и трибологических свойств деталей, инструмента и различных изделий, а также значительного увеличения их срока службы стимулирует поисковые работы относительно простого, эффективного и недорогого способа их решения. Одним из привлекательных решений является создание относительно тонких износостойких ионно-плазменных покрытий на поверхности материалов и изделий вакуумно-дуговым методом. В процессе осаждения поверхность растущего покрытия подвергается интенсивной ионной бомбардировке, в результате чего происходит повышение температуры поверхности и соответственно активация плазмохимических реакций металла с реактивным газом в зоне формирования покрытия [1, 2].

Получение защитных покрытий бинарных систем, таких, как TiN, ZrN, CrN и др., широко распространено [3, 4]. Для формирования ионно-плазменных покрытий с нанокристаллической структурой и улучшенными свойствами обычно используют нитриды или карбиды переходных металлов, в состав которых добавляют один или несколько химических элементов. По одной из классификаций для формирования наноструктурных покрытий в покрытие нитрида переходного металла можно добавлять элемент, образующий нитриды (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si и др.) и не образующий нитриды (Mg, Ni, Cu, Y, Ag, Au, Pb и др.) в условиях ионно-плазменного напыления [5]. Интерес вызывают многофазные однослойные (толщиной 1–5 мкм) покрытия, в состав которых входят не менее трех химических элементов, например нитридные покрытия TiCuN, TiAlN, ZrCuN, TiAlSiN и др., в которых сохраняется однородность фазового и элементного состава по толщине [6–8]. При легировании элементов, таких, как Cu, Cr, Nb, Ni и др., в бинарные системы (TiN, ZrN, AlN и др.) можно кратно увеличить их основные физико-механические свойства и выявить новые уникальные характеристики [5–9].

Покрытия на основе ZrN обладают высокой твердостью (до 29 ГПа), повышенными износостойкостью и коррозионной стойкостью и др. [10–12]. Для улучшения свойств данного вида покрытий в работе предлагается добавлять в его состав ниобий. Покрытия на основе Zr, Nb и их нитридов могут сочетать в себе высокие свойства ZrN – повышенную твердость, коррозионную и радиационную стойкость [10], NbN – высокую твердость, термическую стабильность, сверхпроводимость [13]. Основанные на нитридах ниобия покрытия могут использоваться в сверхпроводящих системах и однофотонных детекторах, они способны работать при воздействии больших магнитных полей до 20 Тл, применяться в интегральных логических схемах, а также использоваться в качестве защитных покрытий деталей машин, кромок режущих инструментов и т.д. PVD-покрытия на основе Zr имеют хорошие защитные свойства: они позволяют увеличить время возникновения первых очагов коррозии на 70–80 %; нанесение покрытия ZrN толщиной $h = 5$ мкм дает возможность сократить общее число очагов коррозии более чем в 12 раз [14].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-79-10111.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>