

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ И ГРАДИЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ

О.В. КРЫСИНА, В.В. ШУГУРОВ, Н.А. ПРОКОПЕНКО

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук

E-mail: krysina_82@mail.ru

В большинстве случаев именно состояние и свойства поверхностного слоя материала изделий определяют их эксплуатационные характеристики. Поэтому нанесение защитных, упрочняющих и износостойких покрытий на инструмент, детали, узлы и агрегаты технологического оборудования, а также изделия инструментальной, металло- и деревообрабатывающей промышленности является эффективным способом повышения их физико-механических характеристик, работоспособности и срока службы.

Перспективным методом получения относительно тонких (десятки нанометров – десятки микрометров) износостойких покрытий, отличающимся высокой производительностью, широким диапазоном рабочих параметров и экологической безопасностью, является вакуумно-дуговой метод осаждения покрытий [1].

Для решения задачи улучшения свойств рабочей поверхности деталей и изделий в работе использовались не только известные, но новые научные и методологические подходы конструирования и получения градиентных и многослойных (от 10 слоев) износостойких покрытий с наноразмерной (~100 нм) толщиной слоя типа металл/керамика.

Для этого в данной работе были синтезированы многослойные и градиентные покрытия системы Ti/TiN общей толщиной 1-3 мкм. Формирование покрытий проводилось из газо-металлической плазмы дуговых разрядов низкого давления на установке «КВИНТА» [2], схема и общий вид которой представлен на рис. 1.

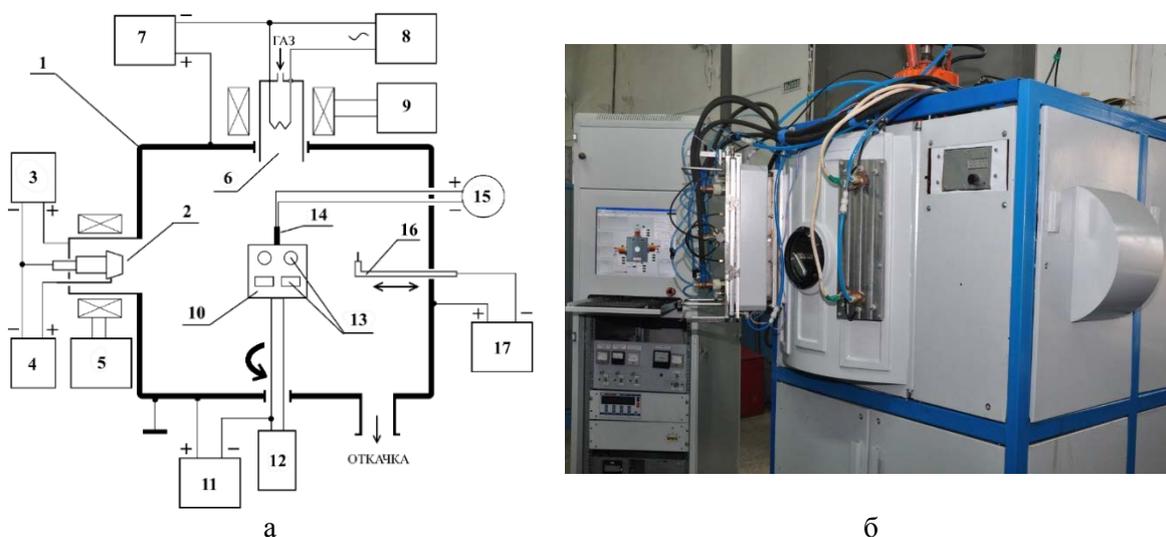


Рисунок 1 – Упрощенная схема (а) и внешний вид (б) экспериментальной установки: 1 – корпус вакуумной камеры; 2 – электродуговой испаритель; 3 – источник питания разряда испарителя; 4 – источник питания поджига разряда испарителя; 5 – источник питания катушек продольного магнитного поля; 6 – плазменный источник «ПИНК»; 7 – источник питания разряда «ПИНК»; 8 – источник питания накала термокатода источника «ПИНК»; 9 – источник питания катушек продольного магнитного поля источника «ПИНК»; 10 – рабочий стол; 11 – источник напряжения смещения рабочего стола; 12 – электропривод вращения рабочего стола; 13 – образцы; 14 – термопара; 15 – блок регистрации температуры; 16 – подвижный цилиндрический зонд Ленгмюра; 17 – блок питания зонда

Стоит отметить, что напыление покрытий вакуумно-дуговым методом проводилось при плазменном ассистировании с использованием источника газовой плазмы на основе несамостоятельного дугового разряда с комбинированным накаливаемым и полым катодом [3].

Напыление многослойных покрытий типа металл/керамика Ti/TiN с относительно резкими границами осуществлялось несколькими методами: 1) традиционным, в котором переход от металлического к керамическому слою производилось сменой рабочего газа; 2) оригинальным, где этот переход обеспечивается посредством изменения параметров плазмы несамостоятельного дугового разряда с комбинированным накаливаемым и полым катодом (увеличение тока разряда источника газоразрядной плазмы, а, следовательно, доли ионов азота) при постоянных рабочем давлении газа и токе дугового разряда испарителя. Второй метод является малоинерционным, что увеличивает повторяемость толщины и состава слоев.

Напыление градиентных покрытий Ti-TiN производили также двумя методами: 1) традиционным, где постепенное увеличение концентрации азота по толщине покрытия достигается увеличением соотношения газов N_2/Ar , вплоть до перехода на чистый азот; 2) оригинальным, где этот переход обеспечивается посредством увеличения тока разряда источника газоразрядной плазмы при постоянных рабочем давлении газа и токе дугового разряда испарителя.

Предложенные оригинальные методы увеличения концентрации азота в покрытиях TiN при использовании источника газовой плазмы с комбинированным накаливаемым и полым катодом основаны на эффекте увеличения доли ионов азота в газо-металлической плазме за счет увеличения тока несамостоятельного дугового разряда при постоянном рабочем давлении (рис. 1). Свойства покрытий при разном отношении плотностей ионного тока газовой и металлической компоненты плазмы приведены в табл. 1.

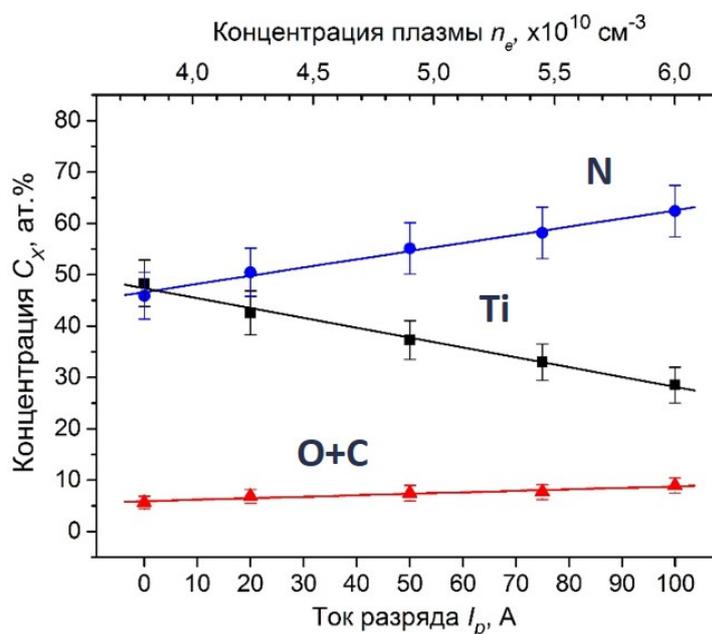


Рисунок 1 - Зависимость концентрации элементов в TiN покрытии от тока разряда и концентрации газовой плазмы

Таблица 1 – Характеристики TiN покрытия в зависимости от режима вакуумно-дугового плазменно-ассистированного напыления

j_p/j_d	цвет	H, ГПа	E, ГПа	H/E	Размеры ОКР D, нм	a, нм
0	золотой	20	262	0,08	97	0,42459
0,2	золотой	22	270	0,08	77	0,42290
0,4	золотой	23	321	0,07	60	0,42367
0,7	золотой	24	356	0,07	41	0,42909
1,2	розово-золотой	28	365	0,08	30,5	0,42844
1,6	медно-золотой	35	403	0,09	17	0,42676

Список литературы

1. Ivanov Yu.F., Koval N.N., Krysin O.V., et al. Superhard nanocrystalline Ti–Cu–N coatings deposited by vacuum arc evaporation of a sintered cathode // Surface and Coatings Technology. – 2012. – V. 207. – P. 430–434.
2. Krysin O.V., Koval N.N., Lopatin I.V., Shugurov V.V., Kovalsky S.S. Generation of low-temperature plasma by low-pressure arcs for synthesis of nitride coatings // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – V. 669. – P. 012032.
3. Vintizenko L.G., Grigoriev S.V., Koval N.N., Tolkachev V.S., Lopatin I.V., Schanin P.M. Hollow-cathode low-pressure arc discharges and their application in plasma generators and charged particle sources // Russ. Phys. J. – 2001. – V. 44. – P. 927-934.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПОДВЕРГНУТЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНОМУ И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

И. Д. КУЧУМОВА

Новосибирский государственный технический университет
E-mail: ivannakz@mail.ru

Сварка взрывом является одним из методов получения соединения между разнородными металлами. Как правило, в процессе сварки взрывом метаемая пластина, разгоняемая за счёт энергии взрыва, соударяется под углом с неподвижной пластиной. Высокие давления, возникающие в процессе соударения, обеспечивают плотный контакт между свариваемыми материалами [1, 2].

В данной работе рассматривается возможность сварки взрывом фольги ниобия и пластины нержавеющей стали. В связи с высокой коррозионной стойкостью и низкой токсичностью такого рода биметаллические материалы могут быть использованы, например, в химической промышленности или для применения в биомедицине. В то же время, данные о структуре и свойствах таких соединений в литературе отсутствуют.

Целью данной работы является исследование структуры и свойств сваренных взрывом фольги ниобия и пластины нержавеющей стали. Более подробно были исследованы вихревые зоны, так как в литературе содержится мало информации о них. Для достижения поставленной цели образцы были исследованы методами оптической и электронной микроскопии, была определена микротвердость на поперечном сечении образца.