

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ВАКУУМНЫЕ ПОКРЫТИЯ

С.Д. Латушкина¹, В.М. Комаровская²

¹Физико-технический институт НАН Беларуси

²Белорусский национальный технический университет

e-mail: vikt-ipf@rambler.ru

Известно, что эксплуатационные характеристики изделий, такие как износостойкость и коррозионная стойкость, усталостная прочность, предел текучести, ударная вязкость зависят от структуры и физико-механических свойств поверхностного слоя материала. Разрушение изделия начинается с поверхности, поэтому для увеличения срока эксплуатации изделий большой интерес представляют методы формирования покрытия на основе соединений тугоплавких металлов.

При этом, как показывает опыт последних лет многокомпонентные ((TiAl)N, (TiCr)N, (TiCu)N) и многослойные (Ti-TiN-TiCN; TiN-(TiCr)N; TiN-Ti-TiN) покрытия обладают высокой стабильностью физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик и превосходят по свойствам однокомпонентные покрытия. Перспективной технологией получения покрытий является метод вакуумно-электродугового осаждения за счет высокой степени ионизации вакуумно-дуговой плазмы (20-100 %), широкого диапазона рабочего давления (10^{-4} – 1 Па) и возможности регулировки параметров процесса синтеза покрытий в широком диапазоне (ток разряда, давление рабочего газа, напряжение смещения и др.), что позволяет целенаправленно воздействовать на структурные и физико-механические характеристики получаемых конденсатов. Несмотря на значительное количество научных исследований в области формирования многокомпонентных и многослойных покрытий отсутствуют научно-обоснованные технологические решения, позволяющие получать покрытия с прогнозируемыми физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Получения таких покрытий возможно при научно-теоретическом и экспериментальном подборе технологических параметров процесса осаждения с учетом свойств материала основы и покрытия, условий работы изделия с покрытием, а также установлении механизмов формирования покрытий в условиях осаждения потоков многокомпонентной металлической плазмы.

Целью настоящей работы является разработка технологии формирования многокомпонентных покрытий (TiCu)N методом вакуумно-дугового осаждения и изучение влияния технологических параметров процесса осаждения на формирование структуры и физико-механические свойства покрытия.

Известно, что медь не вступает в химическую реакцию с азотом, также затруднено ее взаимодействие с титаном. Поэтому, было сделано предположение, что для системы (TiCu)N может наблюдаться эффект наноразмерного упрочнения. Известно, что в зависимости от количества легирующих элементов в покрытии, их структуры и фазового состава существенно изменяются физико-механические свойства, а значит и служебные характеристики работы изделий с покрытиями.

Для формирования многокомпонентных покрытий использовали вакуумно-дуговую модернизированную установку УРМ 3.279.048, оснащенную сепаратором макрочастиц, что позволяет получать покрытия без содержания макрочастиц отрицательно влияющих на физико-механические свойства конденсата. Для получения покрытий распыляли катоды из титана и меди в среде азота.

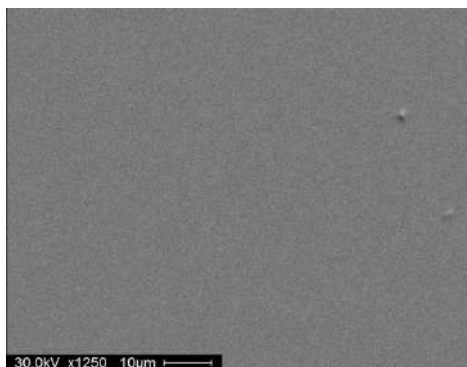


Рисунок 1 – Морфология поверхности осаждаемых (TiCu)N покрытий

На физико-механические свойства формируемых покрытий определяющее влияние оказывают условия синтеза и выбор соотношений концентраций компонентов в покрытии.

Как показали исследования структуры и морфологии осажденных покрытий, предложенный способ позволил осаждать многокомпонентные мелкозернистые покрытия без макрочастиц, отрицательно влияющих на физико-механические свойства конденсата (см. рисунок 1).

В результате рентгенографических исследований установлено, что для покрытий TiN/Cu, осажденных при различных токах дуги медного испарителя, характерны дифракционные пики кубического TiN со структурой B1 NaCl. Так регистрируется наиболее сильное отражение от кристаллографической плоскости (111), при этом интенсивность пика значительно уменьшается с увеличением содержания меди. Однако рефлексов, относящихся к меди или ее соединениям, при малых концентрациях (2–4 ат. %) зарегистрировано не было. По-видимому, в этом случае атомы меди не образуют собственной кристаллической фазы и находятся в аморфном состоянии на границах зерен.

Только при концентрации легирующего элемента 16 % в составе покрытия на дифрактограмме регистрируется дополнительно пик Cu. При этом, как показали расчеты, с увеличением концентрации меди в покрытии от 2 до 16 ат. % размер зерна TiN остается практически неизменным.

Ограниченная смешиваемость титана и меди при температурных условиях осаждения (не выше 500°C) должна препятствовать миграции границ и росту зерен. В нашей работе установлено влияние содержания меди в покрытиях на существенное повышение микротвердости покрытий при определенных условиях осаждения (таблица 1).

Таблица 1 – Структурные и механические характеристики (TiCu)N покрытий

$P \cdot 10^{-3}$, Па	I_{Ti} , А	I_{Cu} , А	Ti, ат. %	Cu, ат. %	d, Å	L, нм	H, ГПа
6,0	55	40	97,93	2,07	4,3046	7,5	40,3
		50	95,73	4,21	4,3056	6,9	39,8
		60	92,17	7,83	4,3048	8,2	26,5
		70	88,66	11,34	4,3045	8,1	24,3
		80	84,28	15,72	4,3044	7,6	17,6