

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ОСАЖДЕННЫЕ ИЗ СЕПАРИРОВАННОЙ ВАКУУМНО-ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ

¹ЛАТУШКИНА С.Д., ²КУИС Д.В., ²РУДАК П.В., ¹РОМАНОВ И.М., ¹ЖИЖЧЕНКО А.Г., ¹ГАПАНОВИЧ О.И., ²ПИСКУНОВА О.Ю.

¹Физико-технический институт НАН Беларуси, ²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

В работе приведены результаты исследований структуры и свойств многокомпонентных покрытий на основе систем Ti-Al-N, Ti-Cu-N, осажденных из сепарированных плазменных потоков.

Ключевые слова: вакуумно-дуговая плазма, многокомпонентные покрытия, сепарация.

The article deal with results of investigation of structure and properties of multicomponent coatings on base of system Ti-Al-N, Ti-Cu-N, deposited by separated plasma flows.

Key words: arc vacuum plasma, multicomponent coatings, separation

Чаще всего наиболее слабым звеном системы «материал — рабочая среда», определяющим допустимые условия эксплуатации и ресурс всей системы, является поверхность материала, что предопределяет высокую значимость разработки методов и технологий модификации поверхностных свойств. Применительно к системе лезвийной обработки резанием подобная система определяется взаимодействием инструментального и обрабатываемого материалов в условиях, создаваемых протекающим процессом резания. Наиболее эффективным методом направленной модификации поверхностных свойств инструментального материала является нанесение функциональных покрытий на рабочие поверхности режущего инструмента. В настоящее время процессы физического осаждения покрытий на различные изделия, в том числе режущий инструмент, получают все большее применение из-за высокой надежности, универсальности, возможности получения покрытий практически любой архитектуры, состава, структуры с обеспечением экологической чистоты процессов при производстве инструмента в сравнении с методами и процессами химического осаждения покрытий.

В последнее время получил развитие класс многокомпонентных покрытий на основе TiN с нанокompозитной структурой, механизм образования которой связывают с сегрегацией одной фазы по границам зерен другой фазы, в результате которой прекращается рост кристаллитов [1–3]. Ряд исследований показал, что в зависимости от количественного содержания легирующих элементов в покрытии существенно изменяются его физико-механические свойства.

В настоящей работе предложен комплексный подход к формированию защитных слоев, включающий в себя осаждение покрытий многокомпонентного состава с использованием сепарированных плазменных потоков. Процесс вакуумно-плазменного осаждения из сепарированных плазменных потоков при двухкатодном распылении имеет ряд преимуществ, среди которых можно выделить основные [4-5]: осаждение покрытий высокой плотности и однородной структуры при обеспечении прочной адгезии к основе; непрерывное легирование конденсируемого покрытия по всему объему, что позволяет обеспечивать его уникальные физико-механические свойства за счет различных механизмов управления структурой (твердорастворное упрочнение, дисперсионное упрочнение, зернограничное упрочнение); формирование

наноструктурированных композиционных покрытий, сохраняющих нанометрический размер зерен при повышенных температурах эксплуатации покрытий.

Для реализации предложенного подхода была разработана и отлажена система сепарации при одновременной работе двух дуговых источников на серийной установке УРМЗ.279.048 (рис. 1).

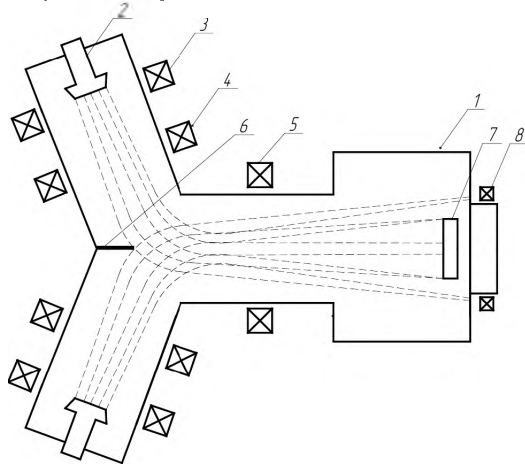


Рис. 1. Схема осаждения многокомпонентных пленок с сепарацией плазменных потоков, где 1 – корпус; 2 – дуговые испарители; 3, 4, 5, 8 – электромагнитные катушки; 6 – экран для удаления капельной фазы; 7 – подложка

С использованием данной системы были получены многокомпонентные покрытия на основе систем Ti-Al-N, Ti-Cu-N.

Исследования морфологии и структуры покрытий, осаждаемых из сепарированных потоков, показали, что сформированные покрытия, характеризуются отсутствием капельной фазы как на поверхности, так и в объеме (рис. 2), что свидетельствует об эффективной работе сепарирующей системы, используемой в настоящей работе.

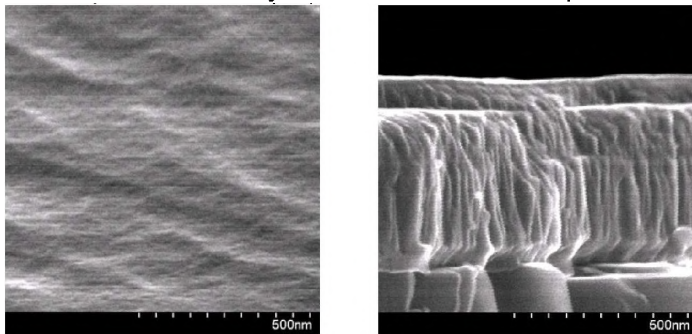


Рис. 2. Морфология и структура поверхности покрытий, осажденных с использованием сепарирующей системы

В результате ступенчатого травления с помощью высокоэнергетического пучка ионов аргона Ar установлено равномерное распределение элементов в пленках по толщине, что свидетельствует о достижении необходимой степени смешения плазменных потоков в сепарирующей системе. Это является существенным фактором при использовании технологии в промышленных целях, так сохранение элементного состава в покрытии при работе инструмента в реальных условиях (уменьшение толщины в результате износа), обеспечивает стабильность его упрочняющих свойств при длительной работе.

Для оптимизации составов разрабатываемых покрытий определялось влияние технологических параметров процесса осаждения (давление реакционного газа, тока дуги) на их фазовый и элементный состав, структуру и микротвердость (табл. 1). Микротвердость покрытия измеряли нанотвердомером «Digamin» при нагрузке 25 г. Исследования процессов трения для многокомпонентных покрытий проводились на трибологическом стенде, работающем по схеме «палец-диск» в условиях сухого трения. Принцип действия данного устройства основан на истирании закрепленного

вращающегося объекта под действием нагрузки, передаваемой через контртело. В качестве контртела использовался шарик диаметром 5,51 мм из стали ШХ15. Параметры трибологических испытаний были следующие: нагрузка 1 Н; радиус дорожки трения 10 мм; скорость вращения 60 об/мин; длительность испытаний 120 мин.

Таблица 1. Структурные и механические характеристики покрытий

Покрытие	I, А титанового катода	I, А дополнительный катода	%		d, нм	L, нм	H, ГПа
			Ti	легирующий элемент			
Ti-Al-N	55	50	72,83	13,68	0,421	10	34,48
		60	64,27	23,86	0,419	12	31,25
Ti-Cu-N		50	82,92	2,04	0,416	22	40,74
		60	72,11	15,12	0,421	72	24,60

Как показал анализ результатов фрикционных испытаний (рис. 3), использование многокомпонентных покрытий в качестве защитных слоев позволяет снизить коэффициент трения твердосплавных пластин, причем более эффективно, чем покрытия TiN. Наилучшие результаты коэффициента трения, полученные для покрытий, легированных медью, обусловлены их более высокой пластичностью.

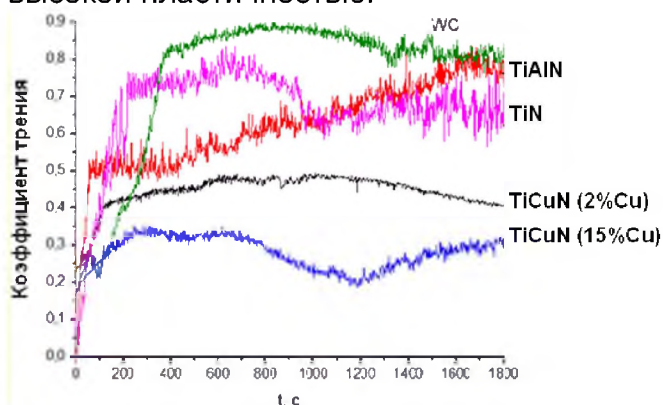


Рис. 3. Зависимости коэффициент трения от времени испытаний для покрытий различного состава на твердом сплаве

Выводы

1. Разработана сепарирующая системы, позволяющая осаждать покрытия в условиях ионной бомбардировки, многофазные покрытия, многослойные покрытия со слоями нанометрической толщины, а так же осуществлять комбинацию перечисленных способов.
2. Установлено, что структурно-механические характеристики многокомпонентных покрытий зависят как от вида легирующего элемента, так и от его количества в составе покрытия.
3. Получены покрытия, осажденные на твердосплавные пластины, имеющие коэффициент трения 0,2–0,3.

Литература

1. Береснев В.М., Погребняк А.Д., Азаренков Н.А. // Успехи физики металлов. 2007, №3. С. 171–246
2. Tentardini E.K., Aguzzoli C., Castro Met al. Thin Solid Films. 2008. Vol. 516. P. 3062–3069
3. Mashiki T., Hikosaka P., Tanoue H., Takikawa H. // Thin Solid Films. 2008. Vol.516. P. 6650–6654
4. Cheng Y.H. Deposition of (Ti,Al)N films by filtered cathodic vacuum arc/ B.K. Tay, S.P. Lau et al. //Thin Solid Films. – 2000. – V. 379. – P. 76–82
5. Латушкина С.Д., Романов И.М., Куис Д.В., Жижченко А.Г., Гапанович О.И. Нанокompозитные покрытия (Ti,Al) N, осажденные из сепарированной вакуумно-дуговой плазмы, Вести НАН Беларуси №3, 2012. С. 39-43