

оптимальных режимах, имеют соответственно твердость 31–34 и 40–47 ГПа, средний модуль упругости 378 и 506 ГПа, коэффициент трения 0,49–0,6 и 0,45–0,52, скорость сухого износа  $(3,4-4,6) \cdot 10^{-7}$  и  $(6,0-6,8) \cdot 10^{-7}$   $\text{мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ .

УДК 621.793.

Мартинкевич Я. Ю., Харлан Ю. А.

## **ТЕРМОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ Ti-AL-B-N, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Комаровская В. М.*

Новые материалы являются основой технологий XXI века, а индустрия наносистем и материалов – одно из приоритетных направлений развития науки и техники, влияющих сегодня почти на все научные направления и сферы деятельности. Важным, бурно развивающимся направлением науки о материалах является инженерия поверхности применительно к созданию функциональных наноструктурных пленок и покрытий с характерным размером кристаллитов от 1 нм до нескольких десятков нанометров.

Нами показана структура пленки в системе Ti-Al-B-N, снятая с помощью просвечивающего электронного микроскопа высокого разрешения. Здесь нанокристалл нитридной фазы (Ti,Al)N размером 1,5 нм выделен кругом, а точки на фотографии – это атомы.

Высокая объемная доля границ раздела с прочной энергией связи, отсутствие дислокаций внутри нанокристаллитов размером 1–4 нм, возможность получения пленок с контролируемым соотношением объемных долей кристаллической и аморфной фаз, изменение взаимной растворимости элементов

в фазах внедрения – все эти факторы приводят к уникальным свойствам наноструктурных пленок, их многофункциональности, что проявляется в высоких значениях микротвёрдости ( $H > 30$  ГПа), термической стабильности, жаростойкости и коррозионной стойкости.

Важным преимуществом многофункциональных наноструктурных пленок (МНП) является то, что можно получать сверхтвёрдые материалы с одинаковой твердостью, но различными значениями модуля упругости ( $E$ ). Это означает, что тонкие пленки с одинаковой твердостью различаются значениями упругой деформации разрушения (описывается соотношением  $H/E$ ) и сопротивления материала пластической деформации (описывается соотношением  $H^3/E^2$ ).

В промышленности широко используются пленки на основе нитрида титана. Введение в состав пленки третьего компонента позволяет повысить физико-механические свойства и значительно расширить область применения защитных покрытий.

Наноструктурные пленки в системе Ti-B-N обладают целым рядом важных эксплуатационных характеристик: высокой твердостью, термической стабильностью вплоть до  $1000^\circ\text{C}$  в вакууме, повышенной жаростойкостью, износ- и коррозионной стойкостью, устойчивостью к ударным воздействиям, высокими значениями электросопротивления.

Введение легирующего элемента Al в состав защитных покрытий позволяет добиться сочетания высокой твердости и износостойкости с относительно низким коэффициентом трения. Эффективным путем синтеза МНП являются методы магнетронного распыления (MP) и MP при ассистировании потоком высокоэнергетических ионов металла.