

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 $(3,4\text{--}4,6)\cdot10^{-7}$ и $(6,0\text{--}6,8)\cdot10^{-7}$ $\text{мм}^3\cdot\text{Н}^{-1}\text{м}^{-1}$.

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 функциональныхnanoструктурных 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 $(\text{Ti},\text{Al})\text{N}$ 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°C в вакууме, повышенной жаростойкостью, износостойкостью, 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.