

Трибологические свойства монослоев Ленгмюра–Блоджетт церотиновой кислоты с наночастицами нитрида бора

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF LANGMUIR-BLODGETT MONOLAYERS OF CEROTIC ACID WITH BORON NITRIDE NANOPARTICLES

Д. В. Савалёв

D. V. Sapsaliou

БГПУ (Минск)

Науч. рук. – Г. Б. Мельникова, канд. техн. наук, доцент

Науч. консультант – А. Е. Соломянский, канд. хим. наук, доцент

Аннотация. Изучены трибологические свойства монослоев Ленгмюра–Блоджетт (ЛБ) церотиновой кислоты (ЦК) с наночастицами нитрида бора гексагональной аллотропной модификации (α -BN), сформированных на стальных и кремниевых поверхностях методом горизонтального осаждения. Установлено, что введение наночастиц α -BN увеличивает износостойчивость покрытий ЦК.

Annotation. Tribological properties of Langmuir–Blodgett monolayers of cerotic acid (CA) with nanoparticles of boron nitride of hexagonal form (α -BN) formed on steel and silicon surfaces by horizontal precipitation method were studied. It was found that incorporation of α -BN into the structure of the CA coatings resulted in an increase of their wear stability.

Ключевые слова: пленки Ленгмюра – Блоджетт; церотиновая кислота; нитрид бора; защитные покрытия.

Key words: Langmuir–Blodgett films; cerotic acid; boron nitride; protective coatings.

Введение. Композиционные пленки Ленгмюра – Блоджетт (ЛБ) высших жирных кислот с наночастицами нитрида бора гексагональной аллотропной модификации, формирование которых не требует вакуумирования и высоких температур, представляют интерес для создания защитных и твердосмазочных покрытий в прецизионных узлах трения [1].

Горизонтальный метод осаждения позволяет сформировать более упорядоченные и бездефектные монослои, по сравнению с традиционной технологией ЛБ независимо от химической структуры амфифильных соединений и размера неорганических частиц [2; 3].

Цель работы: Формирование защитных покрытий для прецизионных узлов трения на основе композиционных монослоев ЛБ церотиновой кислоты

(ЦК) с наночастицами нитрида бора гексагональной аллотропной модификации (α -BN).

Материалы и методы исследования. Монослои ЦК и ЦК/ α -BN формировали на установке LT-201 методом ГО при поверхностном давлении, соответствующем фазовому состоянию лэнгмюровского слоя «твердая пленка» – 25 мН/м [2; 3]. Композиционные лэнгмюровские слои ЦК с наночастицами нитрида бора гексагональной аллотропной модификации (Lowfriction, средний размер частиц \sim 70 нм) формировали из суспензии α -BN в хлороформенном растворе ЦК. Массовое соотношение ЦК и α -BN в дисперсии составляло 1,0:0,1; 1,0:0,2 и 1,0:0,3.

Исследование трибологических свойств и износостойчивости в процессах трения полученных образцов проводили на микротрибометре возвратно-поступательного типа RPT-02 (ИММС НАН Беларуси). Условия тестирования: приложенная нагрузка 0,5 Н, индентор – стальной шарик диаметром 3 мм (сталь 95X18), длина хода индентора 3 мм, его линейная скорость 4 мм/с. Граничным условием проведения эксперимента являлось значение коэффициента трения \sim 0,4 и 0,5 для покрытий, сформированных на стали и кремнии соответственно [3].

Результаты и их обсуждение. Изнашивание кремния, модифицированного монослоями ЦК и ЦК/ α -BN с массовым соотношением ЦК и α -BN 1 : 0,1; 1 : 0,2; 1 : 0,3 наблюдается \sim 1140, 3595, 3950 и 2950 циклов скольжения соответственно (рис. 1).

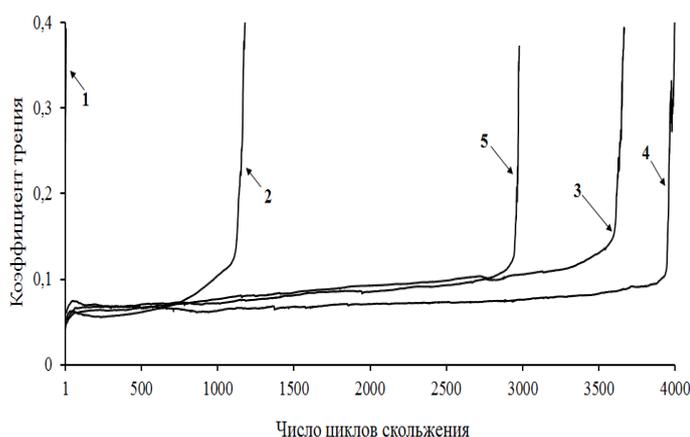


Рис. 1 – Зависимость коэффициента трения от числа циклов скольжения: 1 – немодифицированная кремниевая поверхность; 2 – монослой ЦК, композиционные монослои ЦК/ α -BN с соответствующими массовыми соотношениями: 3 – 1,0 : 0,1; 4 – 1,0 : 0,2; 5 – 1,0 : 0,3

Увеличение износостойчивости композиционного покрытия ЦК – α -BN по сравнению со стабильностью в процессе трения монослоя ЦК, возможно связано с тем, что частицы α -BN и их агрегаты остаются в зоне контакта поверхностей и предохраняют их от разрушения [3, 4]. Наибольшую

износоустойчивость имеет покрытие ЦК/ α -BN, полученное из суспензии с массовым соотношением компонентов 1,0 : 0,2 (рисунок 2, кривая 4). Увеличение в нем количества наночастиц нитрида бора приводит к уменьшению стабильности монослоя в процессе трения (рисунок 2, кривая 5), ввиду того, что основная часть α -BN и их агрегатов находится вне матрицы ЦК.

Монослои ЦК и композиционное покрытие ЦК/ α -BN на стальных подложках полученные при массовом соотношении компонентов 1,0 : 0,2, разрушаются после ~ 97 и 305 циклов скольжения соответственно (рис. 2).

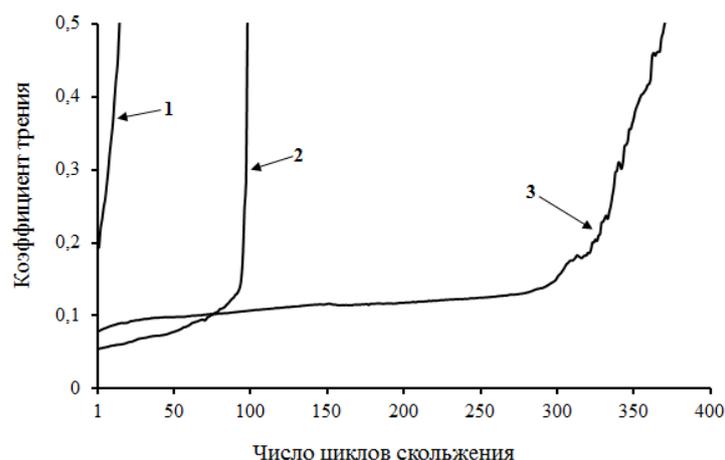


Рис. 2 – Зависимость коэффициента трения от числа циклов скольжения: 1 – немодифицированная стальная поверхность; 2 – монослой ЦК, 3 – покрытие ЦК/ α -BN, полученное из суспензии с массовым соотношением компонентов 1,0 : 0,2

Для формирования упорядоченной и однородной по толщине пленки ЛБ поверхность подложки должна иметь шероховатость R_{\max} не более 50 нм [1] в то время как шероховатость используемой стали $R_{\max} \sim 238$ нм. По этой причине стабильность пленок ЦК и ЦК/ α -BN на стали ниже, чем на кремнии.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что введение наночастиц α -BN в структуру монослоя ЦК улучшает его триботехнические характеристики. Оптимальным массовым соотношением ЦК и α -BN является: 1: 0,2, при котором увеличивается износоустойчивость покрытия в $\sim 3,5$ и 3,1 раза, по сравнению с монослоем ЦК на кремнии и стали соответственно.

Список использованных источников

1. Bhushan, B. Principles and Applications of Tribology / B. Bhushan, J. Wiley and Sons // Ltd, Chichester, GB. – 2013. – 993 p.
2. Сапсалёв, Д. В. Оптимизация условий формирования защитных пленок Легмюра – Блуджетт на основе церотиновой кислоты с наночастицами нитрида бора / Д. В. Сапсалёв, А. Е. Соломянский, Г. Б. Мельникова //

Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе: сборник статей Республиканской научно-практ. конф. с междунар. участием, г. Минск, 19 ноября 2019 г. / БГПУ; редкол. А. В. Деревинский [и др.]. – Минск, 2019. – С. 140–141.

3. Salamianski, A. E. Tribological behavior of composite Langmuir–Blodgett films of triacontanoic acid / A. E. Salamianski, G. K. Zhavnerko, V. E. Agabekov // Surface and Coatings Technology. – 2013. – Vol. 227. – P. 62–64.

4. Tribological properties of Langmuir–Blodgett films on silicon surface in microscale sliding contact / D.-I. Kim [et al] // Tribology Letters. – 2004. – Vol. 17. – №. 2. – P. 169–177.