

М.Д. ГРИЦКЕВИЧ, И.В.ШПРЫНОВ, Д.В. ФОМИНСКИЙ, В.Ю.ФОМИНСКИЙ

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ НА КЕРАМИЧЕСКУЮ ПОДЛОЖКУ ВАКУУМНЫМ И РЕАКЦИОННЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

Представлены результаты исследования трибологических свойств покрытий из алмазоподобного углерода, сформированных методом импульсного лазерного осаждения (ИЛО) на подложках из оксида кремния. Применена абляция графитовой мишени высокоэнергетическими лазерными импульсами в вакууме и в H_2S , что позволило выявить влияние S и H на антифрикционные свойства и износостойкость покрытий во влажном воздухе. Приведены результаты исследования структурного и химического состояния покрытий. Установлено, что легирование серой и водородом позволяет уменьшить коэффициент трения с 0,17-0,2 до 0,09, однако при этом существенно снижается износостойкость покрытий.

M.D. GRITSKEVICH, I.V. SHPRINOV, D.V. FOMINSKI, V.Yu. FOMINSKI

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

ANTIFRICTION PROPERTIES OF DIAMOND-LIKE CARBON COATINGS FORMED ON A CERAMIC SUBSTRATE BY VACUUM AND REACTIVE PULSE LASER DEPOSITION

The results of a study of the tribological properties of diamond-like carbon coatings formed by pulsed laser deposition on silicon oxide substrates are presented. The ablation of a graphite target with high-energy laser pulses under vacuum and H_2S was applied. This allowed us to determine the influence of S and H on the antifriction properties and wear resistance of the coatings in humid air. The results of a study of the structural and chemical state of the coatings are presented. It was found that alloying with S and H allows to reduce the friction coefficient from 0.17-0.2 to 0.09; however, this significantly reduces the wear resistance of the coatings.

Для практического применения метода ИЛО в технологии осаждения антифрикционных алмазоподобных углеродных покрытий (DLC, diamond-like carbon) на керамические основы важно реализовать достаточно высокие скорости осаждения, что обеспечило бы эффективное масштабирование этой технологии. В работе исследованы особенности формирования таких покрытий при использовании лазерных систем на алюмоиттриевом гранате с высокой энергией излучения, равной 190 мДж. В работе [1] показано, что легирование DLC-покрытий серой в определенных дозах значительно улучшает их антифрикционные свойства в инертной среде за счет пассивирования оборванных химических связей. Однако вопрос о возможности улучшения свойств этих покрытий таким способом во влажной среде не исследован в достаточной степени.

Все покрытия создавались при комнатной температуре подложки. Для легирования серой покрытия DLC осаждались в сероводороде. Трибологические свойства исследовались методом возвратно-поступательного скольжения стального шарика на воздухе при влажности ~50%. Напряжения Герца составляли 0,6-1,2 ГПа. При толщине 0,5 мкм «чистые» покрытия демонстрировали низкий коэффициент трения (0,17-0,2) и высокую долговечность. Применение сероводорода снижало скорость роста покрытий и обуславливало внедрение атомов серы и попутно водорода. На рис. 1 приведены результаты сравнительного тестирования тонких нелегированных и легированных серой покрытий DLC.

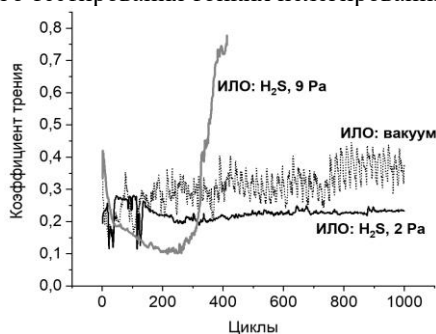


Рис. 1. Изменение коэффициента трения при тестировании на воздухе тонкопленочных покрытий (толщина ~0,25 мкм), созданных методом ИЛО в вакууме и в сероводороде при давлении 2 и 9 Па.

Видно, что для тонкопленочных покрытий DLC легирование серой может стабилизировать коэффициент трения во влажном воздухе и даже более, чем в два раза снизить его. В качестве причин изменения трибологических свойств выявлено, что внедрение атомов S сопровождалось формированием S-C связей и снижением концентрации sp^2 -состояний в DLC-покрытии.

Список литературы

1. С.Н. Григорьев, Д.В. Фоминский, В.Н. Неволин и др. // Перспективные материалы. 2025, № 11, С. 5–16.