

Д.Г. ПИЛИПЦОВ, А.В. РОГАЧЕВ, Р.В. БЕКАРЕВИЧ

Учреждение образования

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.Ф.Скорины»

Гомель, Беларусь

Одним из основных направлений синтеза углеродных алмазоподобных покрытий (АПП) с высокими физико-механическими свойствами является создание систем, учитывающих особенности эксплуатации. Легирование АПП металлами, азотом влияет на их структуру и приводит к изменению механических и других свойств. В зависимости от природы металла и метода легирования металл в объеме покрытия находится или в виде фазы внедрения или в виде карбида [1].

Основной целью данной работы является установление особенностей влияния многокомпонентного легирования АПП на их морфологию и механические свойства. В качестве основных легирующих элементов выбраны титан, медь и азот [2]. Легирование АПП медью проводили из плазмы импульсного катодно-дугового разряда, введение титана в покрытие осуществлялось с помощью отдельного электродугового испарителя. Для определения концентрации легирующих элементов применялся рентгеноспектральный микрозондовый анализ. Основными характеристиками, определяющими механические свойства покрытий, были выбраны значения микротвердости, уровень внутренних механических напряжений, триботехнические параметры.

Результаты исследования показали, что введение в покрытие меди приводит к значительному снижению микротвердости покрытия. Отметим, что высокие значения твердости наблюдаются при легировании АПП титаном до значений 49–50 %. Это может быть обусловлено образованием в объеме покрытия твердых карбидных фаз внедрения [2, 3].

Природа и концентрация легирующих элементов оказывает значительное влияние на характер и значение внутренних механических напряжений, возникающих в слоях при их синтезе. Однокомпонентные углеродные покрытия, сформированные вакуумно-плазменными методами, характеризуются не только высокой твердостью и высоким модулем упругости, но также и высокими внутренними напряжениями. Установлено, что их значения значительно снижаются при легировании. Так, введение в покрытие 2,7 % меди приводит к уменьшению напряжений более чем в два раза, при этом сохраняется достаточно высокая твердость. Интересным фактом является изменение характера напряжений при введении в покрытие меди и азота. Возникающие в таких системах напряжения растяжения весьма значительны (10–55 ГПа) и могут явиться причиной разрушения покрытия.

Особенно негативно влияют напряжения растяжения на износостойкость покрытий при трении [4].

Определены кинетические особенности трения и изнашивания легированных АПП, влияние условий и режимов синтеза углеродных покрытий, легированных металлами, на значение коэффициента трения. Показано, что наиболее низкие значения коэффициента трения ($f=0,2-0,3$) регистрируются при введении в АПП меди. Углеродные покрытия, содержащие титан, характеризуются нестабильностью при трении и более высокими значениями коэффициента трения. Высокие триботехнические свойства легированных медью АПП можно объяснить образованием в зоне трения диспергированной медной пленки, которая выполняет функцию твердой смазки. При трении АПП, легированных титаном, в зоне контакта повреждения имеют локальный характер, и образование поверхностных структур отсутствует.

Медная пленка хорошо отводит тепло из пятен фактического контакта, снижает интенсивность протекания процесса графитизации АПП и его последующее окисление, которые согласно [1] являются основными стадиями изнашивания углеродной матрицы.

Таким образом, легирование АПП металлами, в частности, медью, титаном является эффективным методом снижения внутренних механических напряжений. При этом легированные покрытия сохраняют достаточную твердость. Наиболее высокие триботехнические свойства достигаются при введении в АПП меди. При трении таких покрытий коэффициент трения минимальный и его износостойкость значительно превышает износостойкость углеродных слоев, легированных другими металлами. Установленный эффект объясняется образованием в зоне контакта медной пленки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xiao-Hong Jiang, J.N. Yuan Sheng, V.P. Kazachenko et al., Influence of heat-treatment on mechanical and frictional properties of DLC films with and without Ti underlayer, *Tribology*, 24 (2004), 212-215.
2. A.V. Rogachev, N.I. Sajan, V.A. Emel'anov, A.N. Popov, Morphology and triboengineering properties of diamond-like coatings alloyed with metals, *Journal of friction and wear*, Vol. 27, 5 (2006), 53-56.
3. N.I. Sajan, A.V. Rogachev, A.N. Popov, V.P. Kazachenko Effect of substrate nature and heat treatment of diamond-like coatings on their tribological characteristics, *Journal of friction and wear* Vol. 26, 2 (2005), 61-64.
4. **Рогачев, А. В.** Восстановление и повышение износостойкости деталей машин / А. В. Рогачев, С. С. Сидорский. – Гомель: БелГУТ, 2005. – 343 с.