

## **КОНТРОЛЬ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ PVD/CVD ПОКРЫТИЙ**

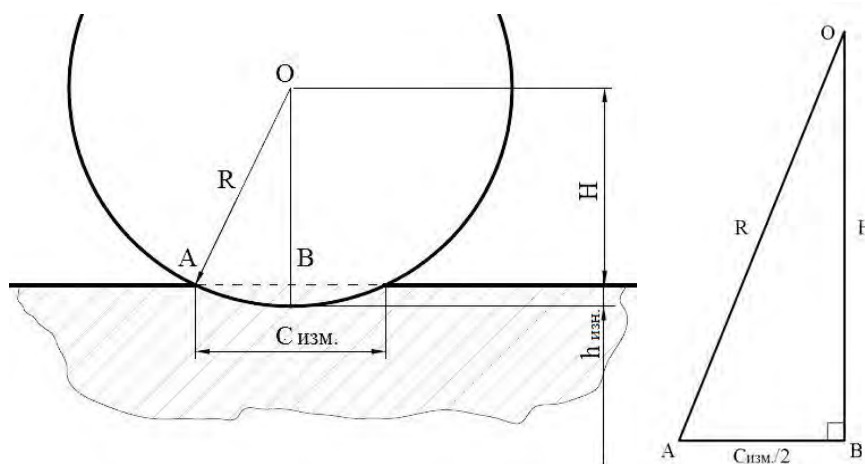
Отсутствие унифицированных методов определения износостойкости покрытий объясняется большим числом факторов, влияющих на их свойства, а также противоречивостью позиций, с которых они рассматриваются. Поэтому на практике оценку степени упрочнения для деталей с покрытиями зачастую проводят с использованием методов определения износостойкости объемных материалов, в то время как оценка износостойкости самого покрытия на конкретных типах подложек представляет определенные трудности, хотя такие данные представляют значительный практический интерес, так как каждое PVD/CVD покрытие обладает уникальным набором свойств для каждого конкретного сочетания с подложкой.

В этой связи является актуальной разработка быстрых и эффективных методов определения трибологических свойств покрытий с возможностью определения параметров изнашивания слоев при последующей простой математической обработке первичных результатов испытаний.

Триботехнические характеристики износостойких поверхностей получают специальными лабораторными методами трибометрических измерений. При этом пользуются образцами, реализующими точечный или линейный контакт с контртелом, а также образцы, имеющие малую площадь контакта. В качестве оборудования для определения фактических и эффективных характеристик применяются трибометры, микротрибометры, микро- и нанотвердомеры [1]. В ходе испытаний получают значения удельной силы трения и удельного износа.

Классический способ определения износостойкости поверхности с покрытием заключается в измерении линейного или весового износа приработанной к валу колодки, площадь контакта которой можно считать неизменной в ходе испытания. Износ в этом случае определяется по изменению диаметра вала и толщины колодки или по потере их веса за определенное число оборотов вала при постоянной нагрузке. Полученные значения износостойкости при этом являются результатом вклада покрытия и подложки. Однако для оптимизации технологического процесса получения покрытий и контроля их свойств эти вклады необходимо разделять.

Для этого была разработана методика трибологических испытаний образцов с покрытиями по схеме «вал – колодка», последующая обработка результатов по которым позволяет получить значения износостойкости непосредственно покрытий. За основу был взят способ Жаннена, реализованный в машинах Шкода-Савина и Шпинделя [2]. В этом способе вращающийся эталонный диск скользит по плоскому образцу, оставляя на нем лунку износа в форме цилиндрического сегмента (рисунок 1). В машине Шкода-Савина эталонный диск имеет диаметр 5–10 мм и изготавливается из твердого сплава, а в машине Шпинделя диск из мягкой стали, диаметром до 300 мм, чтобы снизить влияние его износа. Для разработанной методики материал диска не существенен.



$R$  – радиус диска;  $h_{\text{изн.}}$  – глубина лунки износа,  $h_{\text{изн.}} = R - H$ ,  
 $H = [R^2 - (C_{\text{изм.}}/2)^2]^{0.5}$ , где  $C_{\text{изм.}}$  – величина линейного износа, равная  $2 AB$

Рисунок 1 – Геометрическая схема испытаний

Для расчета износостойкости покрытия необходимы значения величины линейного износа материала подложки и линейного износа поверхности с покрытием, полученные при одинаковых условиях испытаний. Во втором случае обязательным условием является износ поверхности на глубину, превышающую толщину покрытия. Значение скорости изнашивания покрытия определяется из суммарной скорости изнашивания поверхности за вычетом вклада подложки. [3]

Скорость изнашивания покрытия (формула 1) определяется из отношения глубины лунки износа к времени испытаний (формула 2).

$$v_{\text{изн.покр.}} = h_{\text{изн. покр.}}/t_{\text{исп.}} \quad (1)$$

$$t_{\text{исп.}} = t_{\text{изн.подл.}} + t_{\text{изн.покр.}} = \left[ \frac{h_{\text{изн.}} - h_{\text{покр.}}}{v_{\text{изн.подл.}}} \right] + \left( \frac{h_{\text{покр.}}}{v_{\text{изн.покр.}}} \right) \quad (2)$$

Таким образом, данный способ позволяет получать значения скорости изнашивания покрытия при испытаниях по схеме «вал – колодка», отношения скоростей изнашивания покрытий на различных подложках, а также на подложках после различных видов упрочняющей обработки.

1. Современная трибология: Итоги и перспективы / А. С. Ахматова [и др.] ; под общ. ред. К. В. Фролова. – М.: ЛКИ, 2008. – 480 с.

2. Конвисаров, Д. В. Износ металлов / Д. В. Конвисаров – М.: Объединенный научно-технологический институт, 1938. – 304 с.

3. Константинов, В.М. Оценка износостойкости покрытия TiN на упроченной и не упроченной стальной основе / В.М. Константинов, Ф.Ф. Комаров, А.В. Ковальчук, В.В. Пилько // Вестник БарГУ. Серия: Физико-математические науки. Технические науки. Научно-практический журнал. – 2013. – С. 102 – 107.