

УДК 620.179.112

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ И АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Илья Владимирович Беляков

Студент 4 курса

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Беликов

кандидат наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Ключевые слова: износ (wear), моделирование (simulation), тонкие пленки (thin film).

Аннотация: В данной статье рассмотрены и проанализированы отечественные и зарубежные работы по тематике исследования тонкопленочных покрытий. Были выделены основные методики оценки изнашивания тонкопленочных износостойких и антифрикционных покрытий. Определены оптимальные длины и толщины покрытий

Введение

Современные технологии позволяют создавать различные тонкопленочные покрытия для улучшения трибологических характеристик пар трения. Одними из таких покрытий являются износостойкие и антифрикционные тонкие пленки, которые увеличивающие срок службы деталей машин и инструмента. Исследование трибологических свойств играет одну из основных задач при их формировании. Такие величины как: шероховатость, коэффициент трения покоя/скольжения, твердость – возможно определить экспериментальным путем используя характерное оборудование (твердомер, трибометр, профилометры). В более сложной ситуации находится определение величины износостойкости. Данный процесс крайне сложен так как сочетает в себе большое количество параметров. В его основе лежит сила трения, которая в свою очередь разделяется на адгезионную и деформационную составляющие. Для оценки каждой из составляющей необходимо проводить большое количество различных экспериментов, которые в свою очередь, затрудняют подбор коэффициентов. Моделирование процесса усложняется влиянием изменяющейся шероховатости, температуры и т.п. В процессе трения эти величины непредсказуемо меняются, что затрудняет процесс оценки износа тонкопленочных покрытий.

Тем не менее необходимость исследования износостойкости тонкопленочных покрытий является актуальной технической задачей. Различные отечественные и зарубежные институты предлагают отличные друг от друга методики исследования тонких пленок.

Обзор методик оценки износостойкости тонких пленок

1. Разность трения

Методом “разности трения” можно пользоваться при исследовании износа антифрикционных покрытий. В данном случае заведомо известно, что существует значительная разница в коэффициенте трения покрытия и основы.

Примером использования данного метода может служить работа китайского университета по исследованию влияния лазерной обработки на срок жизни антифрикционного покрытия дисульфида молибдена[1]. В качестве оборудования они использовали многофункциональный температурный “pin-on-disk” трибометр. Результатом работы является

определение оптимальной площади канавок на основании для “удержания” покрытия. Окончательным показателем качества служит график зависимости коэффициента трения от пройденной дистанции. На рис. 1 отчётливо видны резкие скачки в конце температурных участков. Эти скачки связаны со стиранием антифрикционного покрытия и начало контакта с дискретным основанием.

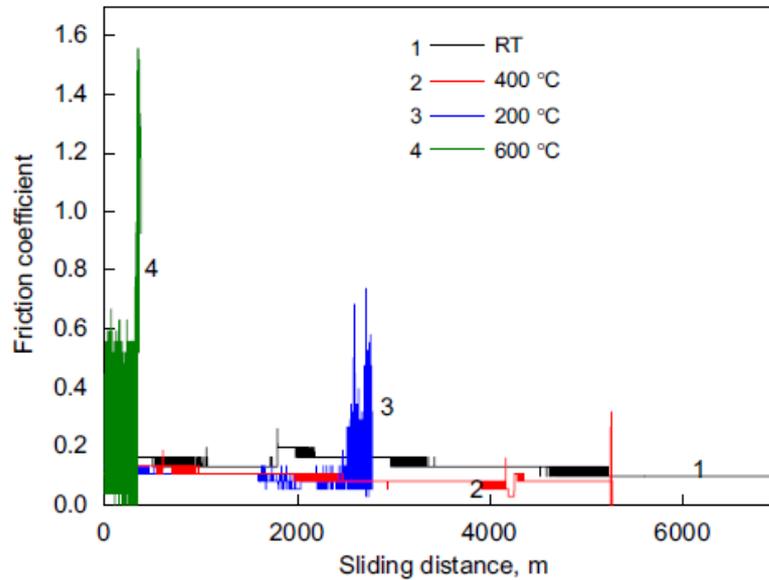


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от пройденной дистанции и температуры индентора

2. Изменение основных моментов и сил

Данный метод в своём роде схож с предыдущим методом. В его основе лежат изменения действующих сил и моментов в процессе разрушения покрытия на режущем инструменте в реальном времени.

Такой метод использовал институт МИСИС, в котором исследовалось влияние различных износостойких покрытий на время жизни режущего инструмента[2].

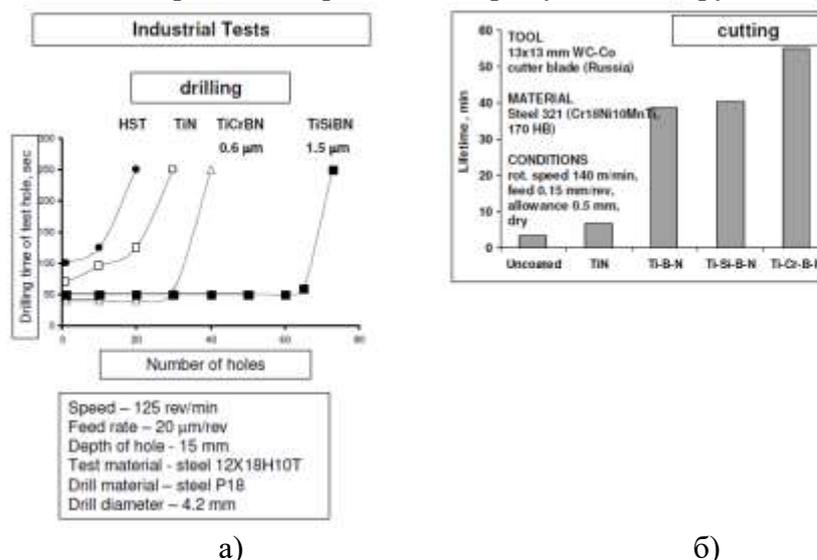


Рис. 2. Результаты исследования срока жизни различных инструментов и покрытий: а) сверление, б) обработка резцом

На рис.2 показаны результаты различных экспериментов, которые проводились в характерных условиях. Время износа оценивалось путем регистрации изменений в моментах режущих инструментов.

3. Выражение Арчерда

Исследование изнашивания износостойких покрытия вызывает затруднение, связанное с временем разрушения покрытия. Современные покрытия обладают сроком жизни примерно в 80-100 часов непрерывного трения. Существует метод моделирования процесса путем применения выражения Арчерда.

Данная методика была использована в следующих работах. Японские ученые оценивали срок жизни записывающей головки[3]. Она состояла из двух этапов. Первый этап заключался в исследовании износа путём остановки эксперимента и вычисления значения износа по объему контактной дорожки с помощью профилометра. Вторая часть заключается в оценке износа с помощью выражения Арчерда.

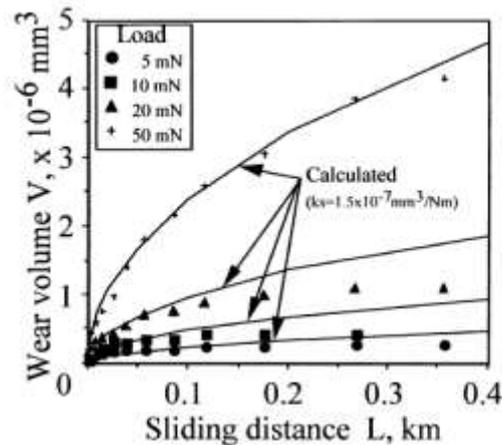


Рис. 3. Зависимость стираемого объема от пройденной дистанции

Результатом работы является дистанция при которой стирается необходимый объем.

Так же данную методику использовал китайский университет при исследовании ультратонких алмазоподобных покрытий[4]. Исследование так же как и в предыдущей работе проводилось в два этапа. После проведения ряда измерений были рассчитаны сроки жизни покрытий.

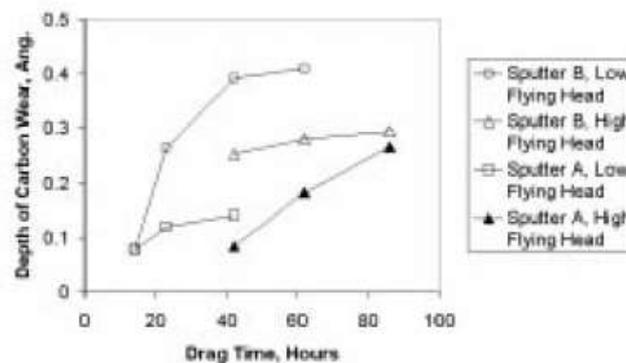


Рис. 4. Зависимость удаляемого материала от времени при различных нагрузках и инденторах

В качестве заключения по данным методикам можно сказать следующее. Каждая из методик обладает как преимуществами, так и недостатками. Метод разности трения ограничен парой используемых материалов. Для регистрации изменений необходимо различие в коэффициенте трения основы и покрытия, хотя является самым точным методом по отношению с другими. Метод изменения основных моментов и сил требует моделирование реальных условий эксплуатации, что, в свою очередь, затруднительно как временной точки зрения, так и финансовой. Последний, метод выражения Арчерда позволяет значительно сократить время эксперимента и свести его до нескольких часов, но с другой стороны зрения он обладает рядом недостатков. Первая проблема заключается в вычислении объема удалённой части. Анализ

проходит не по всей поверхности, а только по ряду сечений (на практике по одному сечению). Вторая проблема заключается в линейности выражении Арчерда.

$$V = \frac{k \cdot L \cdot W}{H} \quad (1)$$

Где V - износ, k – коэффициент поверхности, L – дистанция, W – нагрузка, H - твердость. Данное выражение описывает линейную зависимость износа от пройденной дистанции, что по своей сути не является точным приближением. Как показано на рис. 3 и рис. 4 износ не является линейной функцией. Подтверждением этого может служить американская работа по моделированию заданного процесса в программной среде ANSYS[5]. В заключении ее автор говорит о несовершенстве выражения Арчерда, связанных с отсутствием температурных, адгезионных и т.п. зависимостей.

Вывод

Подводя итоги, можно сказать следующее: для определения износостойкости тонких пленок, необходимо создать математическую модель разрушения покрытия, путем подбора коэффициентов с пошаговой остановкой процесса изнашивания. Либо проводить прямой эксперимент до полного изнашивания покрытия.

Литература

1. *Jianliang Li, DangshengXiong, JihuiDai, ZhongjiaHuang, RajneshTyagi.* Effect of surface laser texture on friction properties of nickel-based composite. Department of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China, 2010.
2. *Evgeny Levashov.* Contribution of shs to decision of surface engineering problems. High Potential Research and Research Infrastructures in the Area of Nano- and Environmental Sciences Vienna, 2011.
3. *Youichi Kawakubo, Shunichi Miyazawa, Kenjiro Nagata, and Shinichi Kobatake.* Wear Life Prediction of Contact Recording Head. IEEE transactions on magnetics, vol. 39, no. 2, 2003.
4. *Shao Wang, Xi Chu, and Jia J. Liu.* A variable-speed drag test for characterizing wear of ultra-thin carbon films. IEEE transactions on magnetics, vol. 37, no. 4, 2011
5. *John M. Thompson, Mary Kathryn Thompson.* A Proposal for the Calculation of Wear. Mechanical Engineering Dept, MIT, 2011.