

КОНТРОЛЬ АДГЕЗИИ МАЯТНИКОВЫМ МЕТОДОМ

Студентка гр.113453 Е.В. Киреева, магистрант Н.Н. Ризноокая,
д-р техн. наук, проф. И.З. Джилавдари

Белорусский национальный технический университет

Адгезией называют сцепление поверхностей двух твердых тел, приведенных в контакт. Существует несколько теорий (адсорбционная, диффузионная, электрическая, химическая), которые объясняют явление адгезии [1]. В действительности же любая из теорий имеет дело лишь с одним определенным аспектом сложного явления.

Интерес к исследованию адгезии значительно возрос в настоящее время, в связи с развитием микро- и нанотехники, где силы адгезии могут оказывать большое влияние при перемещении контактирующих тел. В технике адгезию чаще всего измеряют с помощью методов неравномерного или равномерного отрыва и метода сдвига. Однако, в большинстве случаев эти методы являются разрушающими.

Для исследования и измерения адгезии представляется перспективным использовать маятниковый прибор [2], исследования с которым проводят, наблюдая свободные колебания маятника, опирающегося двумя шариками на поверхность твердого тела. Исследуя характер затухания амплитуды можно сделать выводы о свойствах поверхности.

Экспериментальные исследования. Исследования проводились на поверхности пластин из монокристалла кремния. Маятник опирался на две одинаковые пластины двумя шариками с радиусом 5 мм. Схематично представлено на рис.1.

Использовались два вида кремниевых пластин, которые отличались качеством полировки. Пластины 1 имели шероховатость 0,4 нм, пластины 2 – 0,1 нм. На опыте измерялись амплитуды и соответствующие им моменты времени. Результаты измерений зависимости амплитуд колебаний от времени представлены на рис.2, где отдельными точками показаны значения лишь некоторых из всех измеренных амплитуд. Верхняя кривая относится к пластине 1, нижняя – к пластине 2.

Теоретическая модель диссипации энергии маятника.

1. Работа адгезии на отрыв поверхностей пропорциональна пути пройденному шариком является результатом действия момента силы трения, определяемого по формуле $M_{отр} = mgRc$.

2. Работа сил упругости и сил адгезии без отрыва поверхностей имеет гистерезисный характер.

3. Потери на гистерезис есть результат действия момента силы трения, который зависит от угла отклонения маятника по формуле

$$M_{\text{гист}}(\varphi) = mgRb\varphi^p.$$

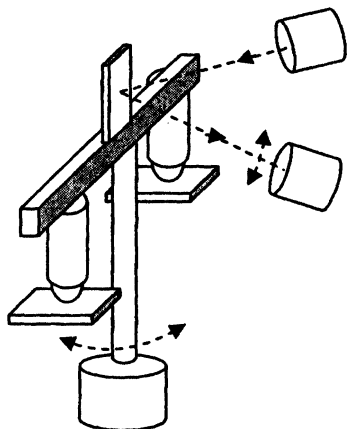


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

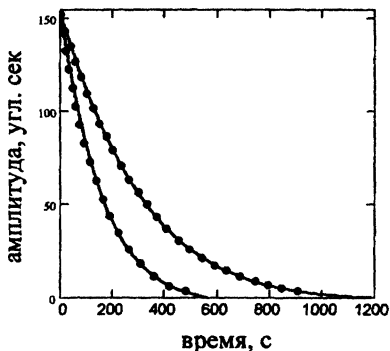


Рис. 2. График зависимости амплитуды от времени

Из графиков видна точность полученного решения. Относительные значения СКО теоретических точек от экспериментальных значений составили 0,3% и 0,6%, соответственно. Это свидетельствует об адекватности предложенной модели трения реальности. Для пластины 1 – работа на отрыв $A_{\text{отр}} = 0,25$ нДж, а для 2 – работа на отрыв $A_{\text{отр}} = 0,76$ нДж.

Была рассчитана поверхностная плотность w энергии, необходимая для отрыва шарика от поверхности, которая является стандартной характеристикой адгезии. Для пластины 1 – $w = 0,75$ мДж/м², для пластины 2 – $w = 4,18$ мДж/м². Эти значения по порядку величины согласуются со значениями удельной поверхностной энергии, полученной в других опытах.

Выводы. Маятниковый трибометр можно эффективно использовать для исследования адгезии на участках поверхности с размерами, не превышающими диаметра пятна контакта. Предложенная модель обеспечивает высокую точность численного анализа результатов опытов.

Использованные источники

1. Григорьев А.Я., Дубравин А.М., Ковалев А.В. и др. Измерение контактной адгезии и аттракционного взаимодействия технических поверхностей // Трение и износ, т.24, № 4, 2003. – С. 405–412.
2. ГОСТ 27640-88. Материалы конструкционные и смазочные. Методы экспериментальной оценки коэффициента трения. – М.: Госкомитет по стандартам, 1988. – 20 с.