

ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА БОРТОВОМ ТРИБОМЕТРЕ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Н.К. Мышкин, А.Я. Григорьев, О.Ю. Комков, А.М. Дубравин
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
Национальной академии наук Беларуси, Гомель

Особенностью планируемых в настоящее время испытаний перспективных триботехнических материалов в открытом космическом пространстве является расширение числа регистрируемых в процессе эксперимента параметров. Планируемая при реализации бортового трибометра возможность одновременных измерений сил трения, износа и температуры при различных сочетаниях нагрузок и скоростей позволяет реализовать практически полнофакторную схему триботехнических испытаний. Несомненно, что данное решение значительно упрощает последующий анализ результатов и их корректное сравнение с данными наземных исследований. Однако реализация этих возможностей в условиях действия факторов космического пространства (ФКП) связана с решением целого ряда сложных технических проблем. Одной из наиболее трудных из них представляется задача измерения износа образцов.

На разрабатываемом в настоящее время многопозиционном бортовом трибометре планируется одновременно исследовать по кинематической схеме "диск – индентор" 32 образца, для каждого из которых должен вестись мониторинг износа. Невозможность проведения долговременных испытаний обуславливает высокие требования к разрешению датчиков износа – не хуже $0.5\text{ }\mu\text{m}$. В этих условиях, при достаточно жестких ограничениях на массу и габариты бортового комплекса, использование уже отработанных в условиях ФКП технических решений [1], основанных на тензометрировании, вызывает значительные трудности. Так, например, это требует размещения как минимум 32 отдельно настраиваемых датчиков и организации четырехпроводной питающей и измерительной сети для каждого из них. Кроме того, использование таких датчиков приводит к появлению целого ряда методических трудностей. В частности, невозможно дифференцировать износ индентора и диска и устранить влияние торцевого биения диска на результаты измерения.

Проведенный анализ существующих технических решений данной проблемы показал, что наиболее перспективным путем измерения износа в условиях ФКП является использование эхоимпульсных методов. Сущность этих методов заключается в измерении временных задержек при прохождении упругих волн в исследуемых объектах. Методы широко используются в устройствах измерения толщины пленок, дефектоскопии, сканирующей акустической микроскопии и других приборах неразрушающего контроля [2]. Известны также и способы измерения износа эхолокационными методами [3, 4].

Наиболее близкое соответствие требованиям, предъявляемым к определению износа при проведении космического эксперимента, имеют ультразвуковые методы измерений с датчиками на основе пьезокерамики. В настоящее время в Институте механики металлополимерных систем НАН Беларуси проводится опытно-конструкторская проработка различных вариантов измерения износа с помощью этих датчиков.

На рис. 1, а представлена общая схема проведения измерения износа ультразвуковым методом. На пьезокерамический элемент, работающий в режиме излучения, подаются короткие импульсы. Излученная пьезоэлементом 1 упругая волна проходит через цилиндрический образец 2 и, отразившись от его торца, детектируется тем же пьезоэлементом, работающим в режиме приема. Время прохождения упругих волн в мате-

риале образца линейно зависит от его толщины, что и позволяет определять величину износа. На рис. 1, б представлена временная диаграмма регистрируемого сигнала.

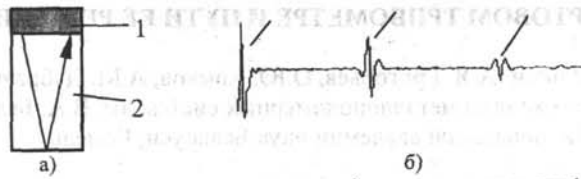


Рис. 1. Измерение износа ультразвуковым методом: а) схема измерения, где 1 – пьезокерамический излучатель/приемник, 2 – индентор; б) временная диаграмма прохождения сигнала, где 1 – начальный импульс, 2 и 3 – отраженные эхоимпульсы

Особенностью условий проведения космического эксперимента является значительное изменение температуры в процессе испытаний. Тепловое расширение образцов и изменение скорости звука в процессе исследований могут оказывать существенное влияние на результаты измерений. Нами рассмотрено несколько путей решения этой проблемы.

В первом варианте термокомпенсация измерений износа осуществляется путем сравнения информационного сигнала с опорным, сформированным отражением упругой волны от дополнительно созданной ступеньки на конце индентора (рис. 2). Из-за малой величины ступеньки она претерпевает существенно меньшее по абсолютной величине изменение размеров, а дифференциальная схема измерений позволяет минимизировать погрешность, связанную с изменением времени прохождения импульса по длине индентора.

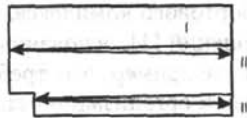


Рис.2. Схема термокомпенсации измерений величины износа с использованием образцового сигнала: I - излученный импульс; II - импульс, отраженный от рабочей поверхности; III - импульс, отраженный от дополнительно сформированной ступеньки

Расчеты показывают, что при размере ступеньки, близком к прогнозируемой величине максимального износа, обеспечивается практически полная компенсация температурных погрешностей.

Во втором варианте в систему измерения дополнительно вводится образцовый канал, представляющий собой узел, идентичный тестируемому, помещенный в одинаковые с ним условия, но не участвующий в испытаниях (рис. 3, а). Для облегчения задачи установки образцов предлагается использовать сборные инденторы с вкладышами из испытуемых материалов малой толщины (рис. 3, б). Измерения производятся при одном общем для всех каналов запускающем импульсе.

Для обеспечения возможности дифференцированного измерения износа инденторов и диска предлагается реализовать схему, при которой тестируемый узел и образцовый канал состоят из двух oppositely расположенных инденторов. Во время испытаний разница во времени получения сигналов Б и Г (рис. 4) будет определяться степенью износа инденторов рабочего узла, а разница во времени получения сигналов В и Д – суммарным износом пальцев и диска. При этом также будет устранена зависимость результатов измерений от температуры.

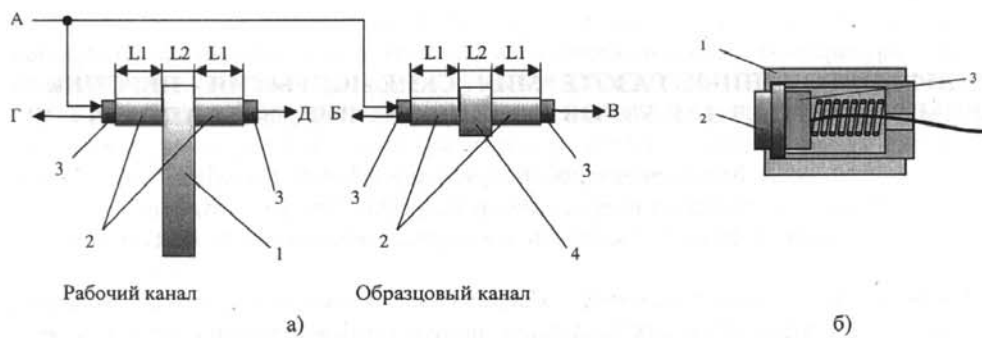


Рис.3. Термокомпенсация измерений величины износа с использованием образцового канала: а) схема образцового канала, где 1 – диск; 2 – инденторы; 3- пьезокерамика; 4 – пластина с толщиной, равной толщине диска; б) конструкция сборного индентора, где 1 – гильза; 2 – вкладыш из тестируемого материала; 3 – пьезокерамика



Рис.4. Сигналы в системе измерения с образцовым каналом и opposитно расположенными инденторами

Использование последней конструкции позволяет наиболее полно скомпенсировать температурные погрешности и достоверно определить степень износа как инденторов, так и диска.

Литература

1. Имитатор трения / Богорад Н.Е., Ермаков А.Т., Козелкин В.В. и др. // Современные методы и средства измерения внешнего трения: Сб. науч. трудов. Под ред. Б.М. Степанова. – М.: НИИ физико-технических и радиотехнических измерений, 1977.– С. 8-10.
2. Акустическая эмиссия и ее применение для неразрушающего контроля / Артюхов В.И., Вакар К.Б., Макаров В.И. – М.: Атомиздат, 1990. – 100 с.
3. Nidal H., Abu-Zahra S, Gang Yu. Analytical model for tool wear monitoring in turning operations using ultrasound waves // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2000. – №40. – С. 1619–1635.
4. Ahn H.-S., Kim D.-I. In situ evaluation of wear surface by ultrasound // Wear. – 2001. – № 251. – С. 1193–1201.