

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ИЗНОСА МЕТАЛЛА ПО РАСХОДУ КОМПОНЕНТОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

А.В. Баранов, Д.В. Радченко, В.А. Вагнер, С.В. Тарасевич

г. Барнаул, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Задача определения износа сопряжений, а тем более динамики этого процесса, представляется сложной задачей, требующей больших затрат времени, средств и весьма трудоемка. Наиболее употребительные из существующих методов определения износа отличаются относительно невысокой чувствительностью, что для достаточно уверенной регистрации скорости изнашивания требуется наработка 500 - 1000 часов, а в некоторых случаях - несколько лет. Современные материалы обладают невысокой интенсивностью изнашивания порядка 10^{-12} (шейки коленчатого вала, поршневые кольца ДВС и т.д.), тогда как для достоверной регистрации износа (около 10 мкм) наиболее распространенными методами искусственных баз, требуется путь трения около 10000 км. При малых скоростях скольжения традиционными методами, даже без учета приработки, эта задача практически не решается. Исключение составляют радиоизотопные методы, требующие исключительно точных тарировок, наличие как минимум циклотрона и средств точной регистрации интенсивности ионизирующего излучения. Ускоренные же методы испытаний, даже сравнительные, как показывает практика, совершенно неприемлемы, поскольку сама природа изнашивания материалов до сих пор изучена не достаточно полно, следовательно, существующие критерии подобия процессов не отражают сущности процессов.

Нами был разработан весьма чувствительный метод оценки механохимического износа, способный за несколько минут оценить его скорость при интенсивности изнашивания 10^{-12} . Сущность этого метода основана на существовании динамического равновесия в образовании и разрушении вторичных структур при установившемся режиме. Вторичными структурами при механохимическом изнашивании являются окислы, как правило, нестехиометрического состава. Тем не менее, соотношение металла и окислителя в них достаточно стабильно при изменении нагрузочно - скоростных характеристик в пределах данного вида изнашивания. Очевидность этого факта, кроме экспериментального подтверждения, вытекает из практической неиз-

менности фактических давлений на единичных микроконтактах при произвольных номинальных давлениях. Температура же, являющаяся функцией скорости, как известно, на скорость триботехнических процессов не влияет.

Поскольку в установившемся режиме скорость образования и разрушения (износа) вторичных структур одинакова, нет необходимости измерять сам износ. Он будет соответствовать скорости трибохимической реакции образования окислов, точнее скорости поглощения окислителя сопряжением. Иначе говоря, определив скорость расхода кислорода воздуха сопряжением, зная при этом стехиометрический состав окислов, можно определить скорость изнашивания.

Представим вторичные структуры как окисное соединение $Fe_{\alpha}O_{\beta}$, тогда массовое отношение железа и кислорода в окисле можно определить как

$$K = \frac{\alpha * \mu_{Fe}}{\beta * \mu_{O}}$$

где μ_{Fe} , μ_{O} - молярные массы атомарного железа и кислорода (0,056 и 0,016 кг/моль соответственно).

Тогда масса изношенного металла будет связана с объемом потребленного молекулярного (атмосферного) кислорода следующим образом:

$$m_{Fe} = m_{O} * K = \frac{V_{O_2}}{V_{\mu}} * \mu_{O_2} * K,$$

где V_{O_2} - объем израсходованного атмосферного кислорода, V_{μ} - молярный объем идеального газа, μ_{O_2} - молекулярная масса кислорода воздуха ($\mu_{O_2}=0,032$ кг/моль). Последнее соотношение позволяет по определенному объему поглощенного кислорода определить массовый износ сопряжения.

Интенсивность изнашивания при этом определяется из выражения

$$J = \frac{m_{Fe}}{S \rho L},$$

где S - площадь изнашиваемой поверхности, ρ - плотность железа ($\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³), L - путь трения.

Схема лабораторной установки для исследования расхода воздуха по мере работы сопряжения приведена на рис. 1.

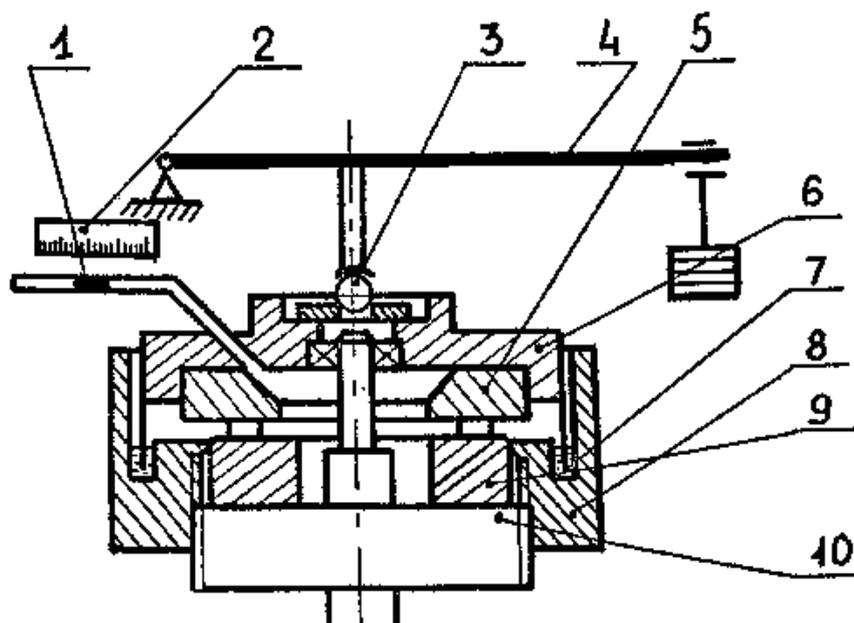


Рисунок 1 - Устройство для измерения расхода воздуха. 1- капля жидкости; 2 – расходомерная шкала; 3 – шаровая опора; 4 – рычаг; 5, 9 – образцы; 6 – оправка; 7 – гидравлический затвор; 8 – прижимная гайка; 10 – шпindelь

Расход воздуха определялся по движению подкрашенной капли жидкости в стеклянной расходомерной трубке сечением около 1 мм^2 . Замеры производились при полностью приработанной паре после наступления теплового баланса при стабилизированной температуре. Перемещение капли на 5 мм соответствовало массовому износу около 0,07 мг. Результаты исследований износа пары трения сталь 45 - сталь 45 смазываемой пластичной смазкой приведены на рис. 2.

Из этих результатов видна независимость соотношения износа и израсходованного воздуха при разных удельных давлениях, что говорит о неизменности стехиометрического состава окислов. В данном случае он соответствовал соединению $\text{FeO}_{0,3}$ нестехиометрического состава с недостатком по кислороду. Абсолютно аналогичные результаты соотношения атомных концентраций кислорода и металла получены при исследовании поверхностей на Оже-спектрографе.

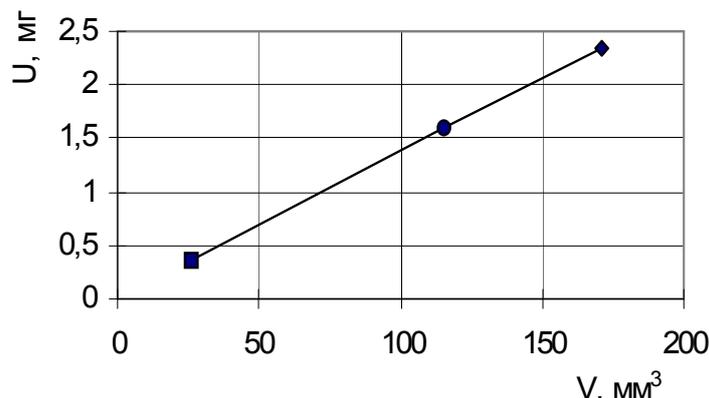


Рисунок 2 - Зависимость массового износа в функции поглощенного воздуха при нагрузке 0,5; 2; 5 МПа соответственно в течении 3 ч. испытаний

Указанный метод обладает рядом существенных недостатков, ограничивающих область его применения лишь в лабораторных

условиях, однако более чувствительный и оперативный метод исследований износа материалов пар трения нам не известен.