

05.1; 08; 12

© 1993

ПЕРИОДИЧНОСТЬ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ СУХОМ ТРЕНИИ ПАРЫ СТАЛЬ - ЛАТУНЬ

Ю.А. Фадин, А.М. Лексовский,
Б.М. Гинзбург, В.П. Булатов

Исследования по различным аспектам разрушения трущихся поверхностей обычно проводят после опытов по трению [1].

Непосредственное изучение разрушения контактирующих поверхностей в процессе трения представляет интерес не только для понимания физики явления, но и для прикладных работ, связанных с созданием средств и методов диагностики контактных узлов.

В последнее время для изучения явлений, возникающих при трении и износе, а также для контроля узлов трения в различных режимах работы, стал применяться метод акустической эмиссии (АЭ) [2]. Процесс трения характеризуется многими параметрами и представляет собой сложное явление, поэтому на начальных этапах исследования для установления взаимосвязи между различными стадиями трения и параметрами АЭ нельзя обойтись без дополнительных материаловедческих исследований. В настоящей работе такие исследования включали в себя определение микротвердости и морфологический анализ частиц разрушения по размерам, количеству, средней и общей площади частиц разрушения на разных этапах трения с помощью автоматизированной системы обработки изображений [3]. Более полный морфологический анализ может включать в себя исследование формы частиц и различные виды статистической и корреляционной обработки всех полученных данных, что может быть предметом отдельного исследования.

Эксперименты были выполнены на паре сталь-латунь при сухом трении, так как именно такой вид трения приводит не только к значительным повреждениям поверхностей трущихся тел, проявляющихся в виде схватывания, микрорезания, задира и т.д., но и в последствии может вызывать объемное разрушение контактирующих тел.

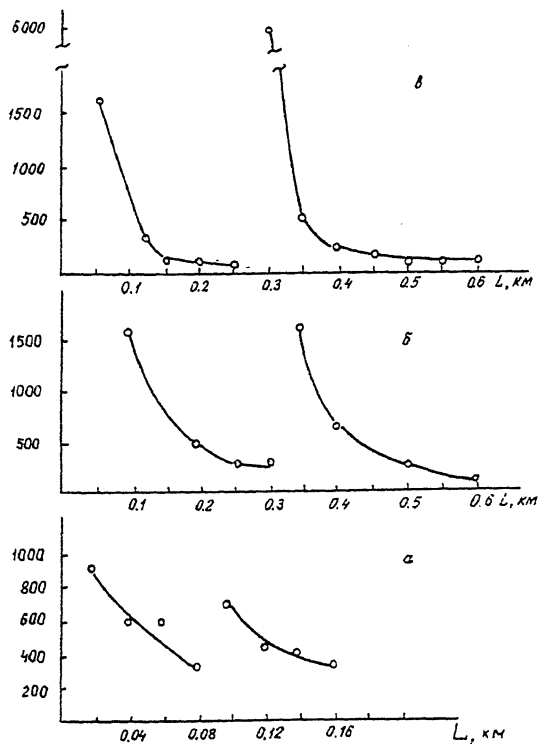
Трение проводилось по схеме вращающийся диск (сталь 35) - неподвижный палец (латунь Л68). Площадь контакта составляла 50 мм². Использовались два скоростных режима со средними линейными скоростями v на уровне центра латунного пальца 0,3 и 0,9 м/с. Контактные давления достигали 1 и 3 МПа. Для регистрации АЭ применялся широкополосный датчик АЭ из пьезокерамики ЦТС - 19 и усилительный тракт от стандартного прибора АФ - 15 с полосой пропускания 20 кГц - 1 МГц. Обработка данных проводилась в электронном блоке управления, собранном на основе процессора Э-5С-23М.

Перед опытами по сухому трению контактирующие поверхности подготавливались для создания на них одинаковых начальных условий. Сначала торцы полировали алмазными пастами, размер зерен последней пасты не превышал 1 мкм. Затем при $P = 1$ МПа и $v = 0.3$ м/с проводилось трение пары со смазкой ЦИАТИМ-200 в течение 1 часа. За это время путь трения L составил ~ 1 км. После трения со смазкой на поверхности стального контртела визуально не наблюдалось следов латуни.

В дальнейшем для исследования сухого трения смазку с поверхностей удаляли спиртом. Эксперимент проводился следующим образом. В течение 1 м трения регистрировалась АЭ и одновременно проводился сбор частиц разрушения в специальную кювету. Через одну минуту экспозиции фрикционный контакт разрывался и кювета для сбора частиц разрушения заменялась на новую, затем фрикционный контакт возобновлялся снова. Таким образом, не вынимая образца из устройства трения, можно получать данные по разрушению поверхностей трущихся тел во времени. Линейные размеры, общая площадь частиц разрушения определялись с помощью оптического микроскопа и системы автоматизированного анализа изображений [3].

Изучались три режима сухого трения: $v = 0.3$ м/с, $P = 1$ МПа; $v = 0.9$ м/с, $P = 1$ МПа; $v = 0.9$ м/с, $P = 3$ МПа. Обращает на себя внимание начальный момент контактирования, когда металл латунного контртела активно переносится на сталь. По предварительным данным, стальной вращающийся диск покрывается латунью в течении первых 10 с, в дальнейшем фрикционный контакт осуществляется фактически между двумя латунными поверхностями. Из-за большого количества сигналов АЭ при сухом трении и из-за ограниченной памяти вычислительного устройства использовался минимальный коэффициент усиления регистрирующей системы - 49 дБ.

В результате экспериментов, проведенных в настоящей работе, обнаружено, что зависимость суммарной энергии сигналов АЭ W за время экспозиции 1 м от пути трения L не является гладкой кривой, а содержит периодические, в зависимости от давления P и линейной скорости v , скачки энергии. Полученные АЭ данные хорошо коррелируют с зависимостью общей площади частиц разрушения S от L . Еще более четко полученные закономерности выглядят на объединенном графике W/S от пути трения L (см. рисунок). На этом графике каждая экспериментальная точка представляет собой отношение суммарной энергии сигналов АЭ W , выделенной за одну минуту трения, к общей площади частиц разрушения S , образовавшихся за то же время. Отношение W/S имеет практически одинаковый характер для всех трех режимов испытания и может состоять из нескольких похожих участков. На рисунке приведены первые два участка, появление остальных участков зависит от условий эксперимента (давления, скорости, длительности). Из рисунка видно, что на первом участке наблюдается монотонное



Зависимость отношения W/S от пути трения L . а - $v = 0.3$ м/с, $P = 1$ МПа; б - $v = 0.9$ м/с, $P = 1$ МПа; в - $v = 0.9$ м/с, $P = 3$ МПа.

падение отношения W/S , несмотря на то что внешняя энергия непрерывно подводится к системе. Падение W/S может говорить о все большем накоплении энергии в системе и, в частности, в поверхностных слоях, что должно приводить к значительному изменению физических свойств трущихся поверхностей. Известно, что при трении значительно повышается поверхностная прочность [1]. Об этом свидетельствуют данные по микротвердости H_V . До начала трения H_V неподвижного контртела составляла 1300 ± 100 МПа, а вращающегося стального 3400 ± 200 МПа. В конце процесса трения H_V неподвижного латунного контртела и H_V латунного слоя (толщина его составляет десятки мкм) на поверхности стального контртела становятся близкими по величине и лежат в пределах 3000 ± 200 МПа, что сравнимо с первоначальной H_V стали 35. В определенный момент времени происходит резкое возрастание W/S . По-видимому, к этому моменту времени в тонких поверхностных слоях накопилось как достаточное количество энергии, так и дефектов различной природы, которые могут быть кон-

центраторами механических напряжений, что и приводит к массовому образованию частиц разрушения. При этом частицы имеют средний размер ~ 30 мкм, в то время как в начале трения ~ 60 мкм. Возникает пик выделения акустической энергии. В следующий период времени картина трения начинает повторяться (второй участок на рисунке). Частицы разрушения опять приобретают относительно большие размеры. Вновь повторяется процесс упрочнения поверхности, за которым следует пик выделения энергии АЭ.

Таким образом, экспериментально установлено, что при сухом трении пары сталь-латунь возникают периодические пики выделения энергии АЭ, которые можно связать с периодическим разрушением упрочненных слоев на поверхностях трущихся тел.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Поверхностная прочность материалов при трении. Киев: Техника, 1976. 296 с.
- [2] Свириденко А.И., Мышкин Н.К., Калмыкова Т.Ф., Холодилов О.В. Акустические и электрические методы в триботехнике. Минск: Наука и техника, 1987. 280 с.
- [3] Сасов А.Ю. Система цифровой обработки изображения на базе микроЭВМ совместимых с IBM PC // Микропроцессорные средства и системы. 1988. № 5. С. 58-62.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию
15 февраля 1993 г.