

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ ТРЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Пономарева А.Н. – студентка,

Баранов А.В. – к.т.н., доцент, Тарасевич С.В. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Энергетические непроизводительные затраты, связанные с работой кинематических пар, в механическом оборудовании составляют основную часть затрат энергии технологических машин, поэтому разработка методов их снижения является весьма актуальной задачей.

Одним из традиционных методов снижения сил трения и изнашивания на сегодняшний день является использование различных пленкообразующих легирующих компонентов, вводимых в состав смазочных материалов в виде присадок. Эти присадки в процессе работы сопряжения образуют на поверхностях трения малопрочные адсорбированные слои высокомолекулярных веществ, либо более прочные хемосорбированные слои соединений серы, хлора, фосфора и т.д. Особую группу занимают так называемые металлоплакирующие присадки, формирующие на трущихся поверхностях пленки мягких металлов, имеющие также экранную функцию, но более прочную.

В зависимости от режима, для нормальной работы сопряжения в условиях внешнего трения необходимо различное модифицирование поверхности. В условиях легких режимов достаточно иметь адсорбированный квазиполимерный одно-многомолекулярный слой по возможности длинных полярных молекул. Жесткие режимы требуют наличие более прочных слоев, хотя и имеющих большее сопротивление сдвигу.

Таким образом прочность и тип защитных слоев, а следовательно, и тип присадки, должен соответствовать режиму трения. Ситуация осложняется тем, что распределение высот микронеровностей поверхностей имеет сложный стохастический характер, при этом, в одной паре будут иметь место легко- и тяжело нагруженные микроконтакты.

Данная задача, с нашей точки зрения, может быть решена созданием на поверхности многослойной структуры третьего тела, расположив слои таким образом, чтобы прочность возрастала при приближении к основному материалу поверхности. Когда при возможном разрушении верхних слоев, в работу вступают низлежащие слои - более прочные.

В настоящей работе сделана попытка достичь данного эффекта применением в составе смазочного материала неорганических соединений - хлоридов меди и олова с использованием адсорбционного слоя жирных кислот (олииновой кислоты).

Задача осложнялась тем, что хлориды металлов практически нерастворимы в минеральных маслах. В нашем случае для получения растворимой среды был применен одно-

атомный спирт - октанол, который относительно хорошо растворяет соли и совмещается с маслами, давая стабильные композиции.

Сравнительные испытания базового химически инактивного промышленного масла И-20А и модифицированного проводились на машине радиального трения по схеме: ролик-колодка пары сталь+сталь с использованием добавки к маслу высокомолекулярной олеиновой кислоты с комплексом присадок. Результаты относительных сил трения приведены на рис.

Используя указанные тройные композиционные присадки, как показано на рис., возможно снижение потерь на трение до 5 раз и более (рисунок 1).

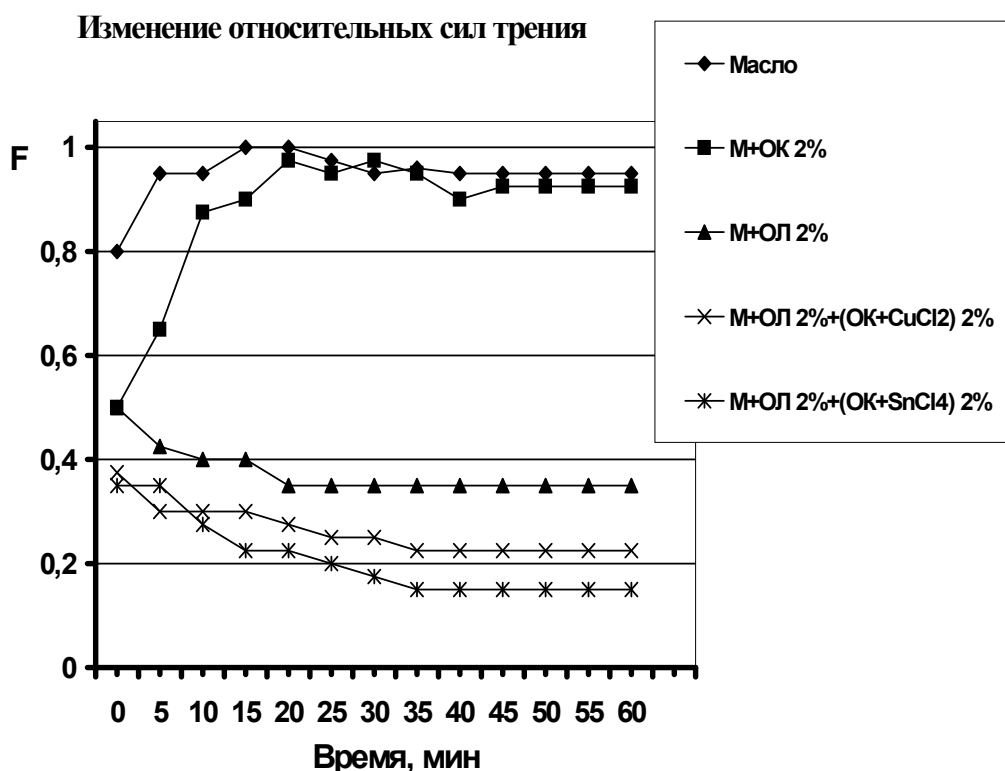


Рисунок 1.

Следует отметить, что эффект носит универсальный характер. Аналогичные результаты были получены нами в паре сталь-алюминий.

В докладе дано теоретическое обоснование полученных явлений.

ЭММИССИЯ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ТРЕНИИ ТВЕРДЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Баранова Ю.А. - студентка

Баранов А.В. – к.т.н., доцент, Тарасевич С.В. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Наиболее уязвимыми элементами энергонагруженных механизмов являются поверхности подвижных сопряжений их деталей. Изменение внешних и внутренних условий иногда спонтанно приводят к их необратимому повреждению, с последующим цепным нарастающим выходом из строя других частей механизмов. С другой стороны, во многих случаях, катастрофические последствия можно предотвратить, диагностируя проблемные пары трения, заранее выявляя относительно резкие или постепенные нарастающие сопутствующие эффекты ухудшения работы уязвимых мест с последующим, возможно автоматическим, принятием мер по предотвращению опасных явлений. В этих условиях эффективен, развивающийся в последнее время, метод ультразвуковой акустической эмиссии (АЭ).

В настоящей работе представлены результаты амплитудно-частотной ультразвуковой акустической диагностики состояния процессов на дискретных пятнах контакта поверхностей при приработке пар трения и режимах наступления заедания, которые могут быть эффективно использованы на практике.

Экспериментальные исследования проводили на установке (рисунок 1) представляющей собой машину торцевого трения и комплект аппаратуры аналогово-цифрового типа для снятия фрикционных характеристик сопряжений.

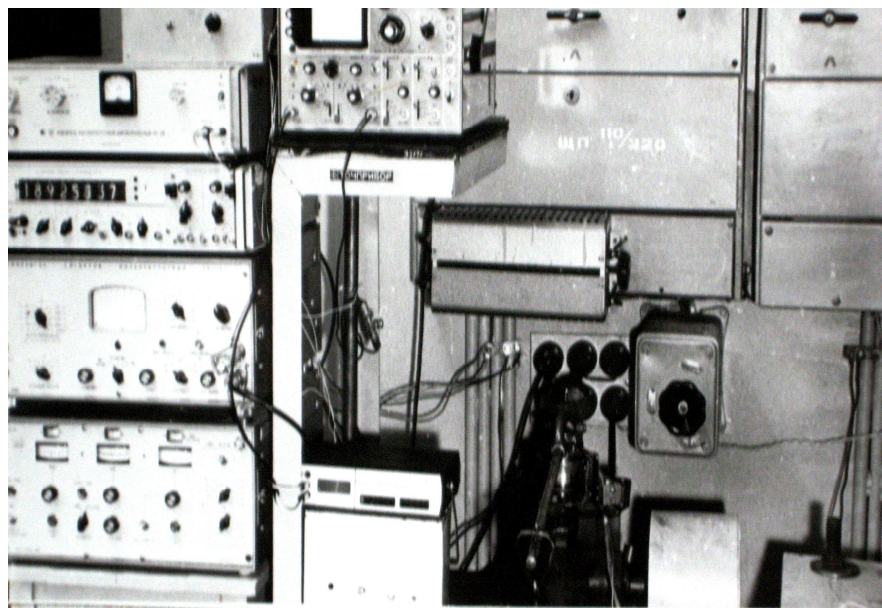


Рисунок 1 - Вид установки

Установка позволяет регистрировать, исследовать и проводить визуальные наблюдения за текущими пиковыми и интегральными характеристиками сигналов АЭ в широком

частотном диапазоне с верхней граничной частотой 1 МГц. Частота ограничена возможностью датчика. Сигнал АИ воспринимался пьезопреобразователем (пьезокерамика ЦТС-19), вмонтированным в держатель образца на некотором расстоянии и параллельно поверхности трения. В процессе экспериментов также фиксировалась сила трения и мгновенные значения переходного электросопротивления контакта.

Физическая картина генерирования и приема сигналов АЭ при трении шероховатых поверхностей с нашей точки зрения заключается в эпизодическом деформировании контактирующих микронеровностей. Возмущения в виде деформационной волны распространяются по телу пары трения и, в нашем случае, воспринимаются пьезодатчиком, с последующей соответствующей обработкой и регистрацией сигнала (рисунок 2).

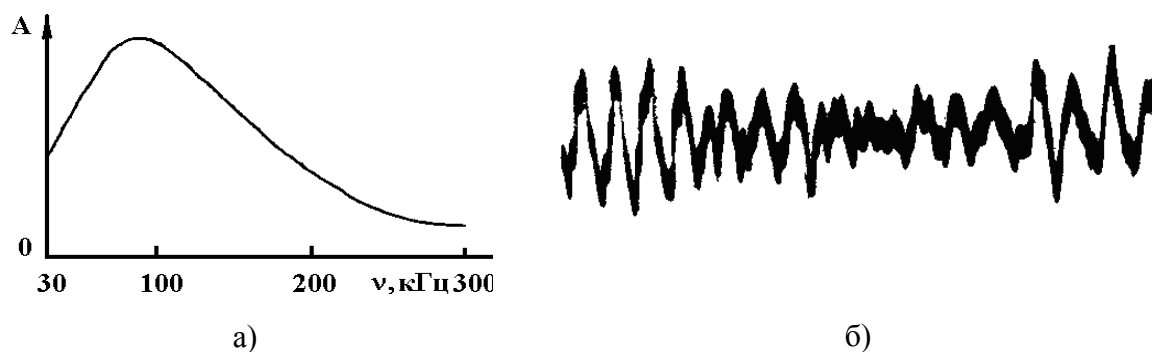


Рисунок 2 - Амплитудно-частотная характеристика (а) и характерный вид (б) осциллограммы АЭ (длительность развертки $2 \cdot 10^{-4}$ с)

Связь между фактическим давлением и уровнем амплитуд АЭ непосредственно вытекает из принятой модели генерирования сигналов. С другой стороны, в поверхностном слое возникают не только нормальные, но и сдвиговые деформации, также создающие звуковую волну, однако иначе воспринимаемые датчиком. Принимая во внимание множественность источников АЭ, а также сложную картину интерференции и отражений волн с изменением направления волновой поверхности в работе сделан экспериментально обоснованный вывод о том, что средняя амплитуда (А) будет пропорциональна средней величине максимальных главных нормальных напряжений поверхностного слоя дискретных пятен контакта при этом

$$A \sim P_r(1+f),$$

где P_r - фактическое давление; f - коэффициент трения единичной фрикционной связи.

Таким образом, получая информацию о частоте и амплитуде АЭ, можно фактически мгновенно судить о состоянии процессов на дискретных пятнах контакта и их состоянии. Для примера рассмотрим кинетику приработки трибосопряжения, смазываемого смазкой Литол - 24 (рисунок 3) и развития заедания (рисунок 4). При заедании изменяется также и спектральный состав АЭ (рисунок 5). В последнем случае основная энергия АЭ смещается в область более низких частот.

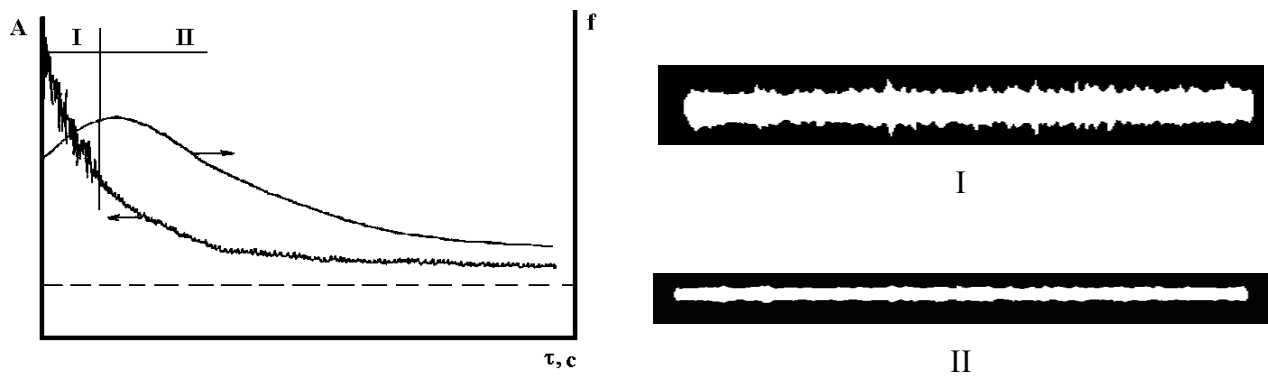


Рисунок 3 - Зависимость средней амплитуды АЭ от времени приработки и внешний вид осциллограмм на соответствующих участках (длительность развертки $2 \cdot 10^{-3}$ с)

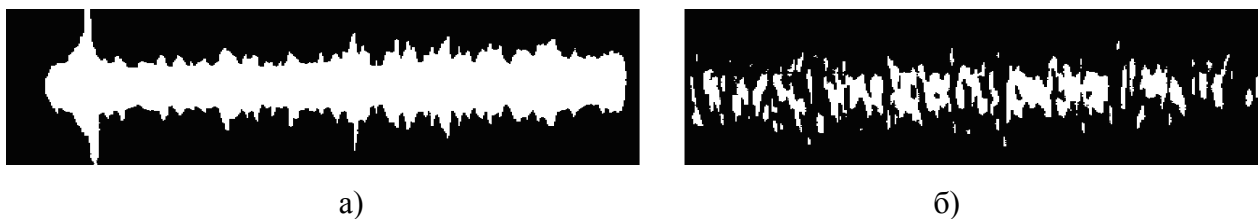


Рисунок 4 - Осциллограмма начала, развития (а) и самого процесса (б) заедания

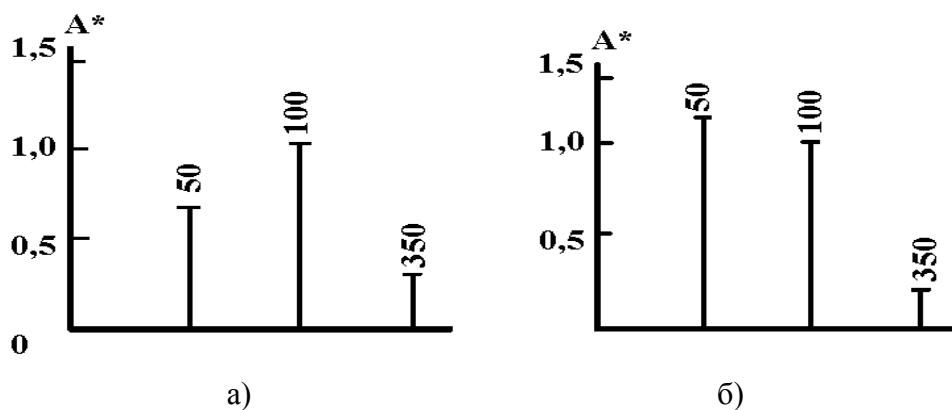


Рисунок 5 - Спектральный состав АЭ при нормальной работе (а) и при заедании (б)

В докладе дано обоснование полученных результатов и область их использования.

ОДНОРЯДНЫЙ СФЕРИЧЕСКИЙ ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ

Галышкин Д.Н.- студент, Галышкин Н.В.- к.т.н., доцент, Баранов А.В.- к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Подшипники применяются для поддержания валов и осей в пространстве, обеспечивая им возможность вращения или качения и восприятия действующих на них нагрузок. Наибольшее распространение получили подшипники качения, которые по сравнению с подшипниками скольжения обладают рядом преимуществ: меньшие моменты сил трения, меньший нагрев, незначительный расход смазочных материалов, более простое обслуживание. В частности, применяются шариковые подшипники качения, имеющие сферическую дорожку

качения на одном из колец подшипника, что обеспечивает его самоустанавливаемость в случае несоосности отверстий под подшипники и (или) больших упругих деформаций валов. Однако такие подшипники весьма чувствительны к сочетанию осевой и радиальной нагрузкам. Для большинства выпускаемых сферических подшипников качения допустимая осевая нагрузка, действующая на подшипник, оказывается несоизмеримо малой по сравнению с радиальной, что необоснованно сужает область их применения. С другой стороны, при оптимизации геометрических параметров данных подшипников, область их применения может быть существенно расширена (по крайней мере для однорядных сферических подшипников). Условием является сочетание осевой F_a и радиальной F_r составляющих полной нагрузки, действующей на подшипник и определяемой на стадии проектировочного расчета. В результате чего возможно проектирование конструкции подшипника исходя из обеспечения минимальных значений напряжений в точке контакта шарика и сферической дорожки качения подшипника. Это достигается определением оптимального радиуса сферы дорожки качения подшипника при смещении ее центра вдоль продольной оси подшипника (Рисунок 1). В условиях производства подобная модернизация подшипника не представляет существенных затруднений, поскольку сохраняются его основные геометрические параметры.

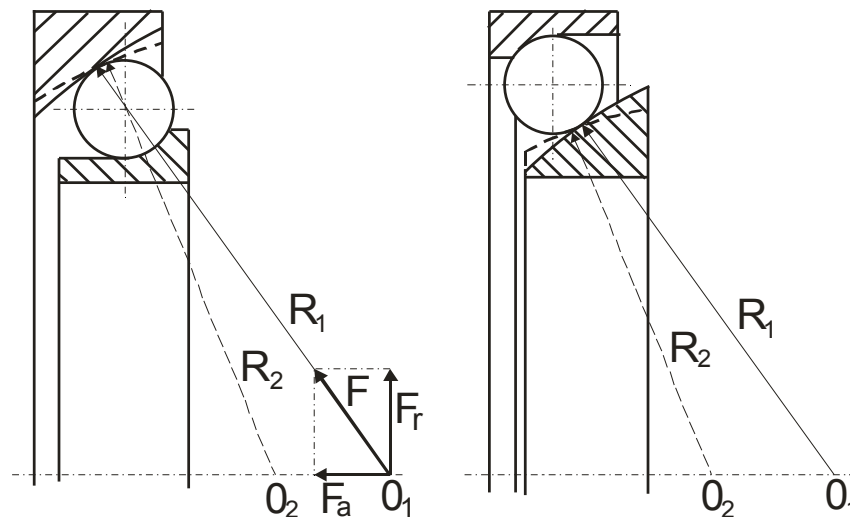


Рисунок 1

ДВУХРЯДНЫЕ СФЕРИЧЕСКИЕ ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Галышкин Д.Н.- студент, Галышкин Н.В.- к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Двухрядные сферические подшипники качения имеют достаточно широкое распространение воспринимая большие радиальные нагрузки при возможных перекосах колец до $2,5^\circ$, но очень чувствительны к осевым нагрузкам. Обладая высокими эксплуатационными характеристиками они технологически сложны в изготовлении. Наиболее распространены подшипники имеющие сферическую дорожку качения на наружном кольце подшипника, что обеспечивает его самоустанавливаемость в случае несоосности отверстий под подшипники и больших упругих деформаций валов. На кафедре «Детали машин» АлтГТУ им. И.И. Ползунова разработаны конструкции сферических подшипников качения обладающих повышенной грузоподъемностью как в радиальном, так и осевом направлении (Рисунок 1). В отличие от применяемых в настоящее время двухрядных сферических подшипников со сферической дорожкой качения на наружном кольце, в предлагаемой конструкции сферическая дорожка качения выполнена на внутреннем кольце, а наружное кольцо разделено на два для каждого ряда тел качения отдельно. Подобное конструктивное исполнение позволяет увели-

чить количество тел вращения по сравнению с применяемыми подшипниками на 20% и более. Разнесение рядов тел вращения относительно оси симметрии подшипника существенно повышает его грузоподъемность в осевом направлении и даже позволяет использовать как шарнирную опору вместо шарнирных подшипников скольжения. В перспективе подобные конструкции могут применяться в приборостроении, роботостроении и других механизмах, где необходим существенный перекося до 15° и более при сохранении нормальной работы подшипника. Следует отметить повышенные габариты подшипника в осевом направлении, но этот недостаток проистекает из самой конструкции сферических подшипников, поскольку увеличение взаимного угла перекося колец подшипника связано с увеличением ширины сферической дорожки качения.

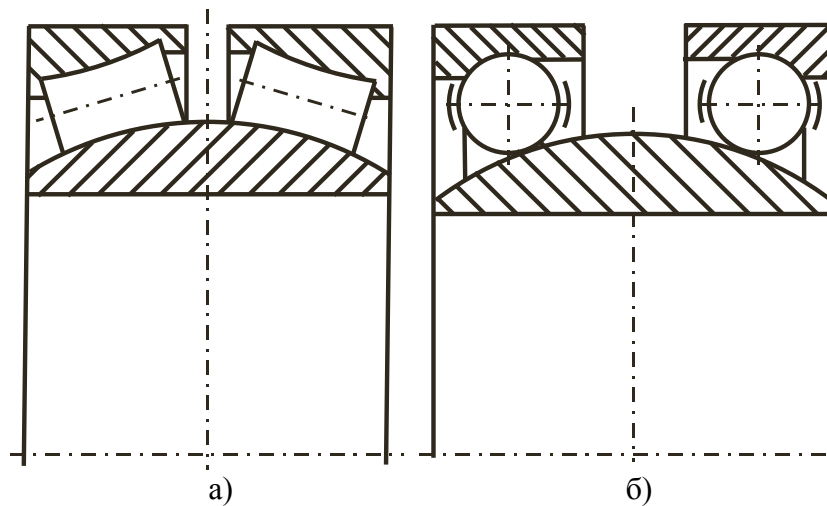


Рисунок 1. Конструкции двухрядных сферических подшипников качения.
а) роликовый двухрядный сферический подшипник качения;
б) шариковый двухрядный сферический подшипник качения.