

и цинксодержащих присадок относительно использования обычной смазки. При увеличении нагрузки до 850 Н становится эффективным и применение присадки порошка меди, что проявляется в снижении величины износа образцов по сравнению с износом при трении с базовым маслом. Другие присадки сохранили свое положительное противоизносное влияние при повышении нагрузки.

При исследовании рабочих поверхностей образцов-колодок были выявлены пленки неметаллической природы, предположительно оксидные, независимо от использования смазочных сред и условий работы пар трения. Это свидетельствует о том, что в процессе трения наличие применяемого нами масла не обеспечивало защиту поверхности от окисления. Тем не менее, микрорентгеноспектральный анализ показал, что при триботехнических испытаниях в масле с присадками на поверхности присутствовали медь и цинк, окислы которых, по-видимому, обеспечивали защиту поверхности стали от изнашивания и снижали коэффициент трения. Матовые пленки, сформировавшиеся после трения с нанопорошками, имели более выглаженный рельеф с меньшими признаками поверхностного разрушения. Отметим также, что образование металлических пленок обнаруживалось и на поверхности контртела. Кроме того, при наблюдении в оптическом микроскопе на трущихся поверхностях были заметны микровкрапления желтого оттенка размерами от 0,1 до 5,0 мкм, которые легко удалялись при обезжиривании. На поверхностях эталонных образцов, испытывавшихся в базовом масле, таких участков замечено не было.

Анализ шероховатости поверхностей трения показал, что введение пластичных нанопорошков в смазку увеличивает фактическую площадь контактирования. Тем самым снижается давление на основной материал в пятнах касания и уменьшается вероятность адгезионного изнашивания. Кроме того, снижаются потери на трение, обусловленные не только благоприятным распределением напряжений, но и низким пределом текучести пластичных присадок.

КИНЕТИКА ИЗНАШИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТРЕНИИ С НАЛОЖЕННОЙ ВИБРАЦИЕЙ

Ибатуллин И.Д.

НИИ проблем надежности механических систем СамГТУ, г. Самара

Точность прогнозирования изнашивания материалов при трении возрастает пропорционально числу факторов, учитываемых в расчетной модели, а также точности идентификации и оценки ее параметров. В настоящее время одними из наиболее развитых расчетных моделей скоро-

сти изнашивания являются модели кинетического типа, в которых учет разрушающих факторов опосредован их влиянием на внутреннюю энергию поверхностного слоя, а износостойкость материала определяется потенциальным барьером – энергией активации образования дефектов, обуславливающих развитие усталостных явлений.

При трении основным механизмом разрушения поверхностных слоев является малоцикловая усталость, вызванная пластической деформацией поверхностей трения. Для оценки энергии активации пластической деформации в НИИ ПНМС СамГТУ был разработан склерометрический способ, в котором оценивается удельная энергия, затрачиваемая на вытеснение 1 моля материала поверхностного слоя при пропахивании исследуемой поверхности алмазным индентором Виккерса. Способ имеет экспрессный, неразрушающий характер, и позволяет учитывать влияние различных факторов (температуры, среды, структурной и физико-химической модификации) на состояние поверхностного слоя. Изменением режимов склерометрирования можно в широких пределах варьировать глубину исследуемого слоя.

Поскольку практически все узлы трения при эксплуатации находятся в поле акустических колебаний, которое является одним из существенных разрушающих факторов, влияющих на долговечность узлов трения машин, дальнейшее развитие расчетной модели изнашивания было связано с учетом параметров наложенной вибрации на трущийся контакт. Для этого был спроектирован и изготовлен стенд для испытаний материалов на изнашивание при возвратно-поступательном движении. Нарботка образцов происходит в режиме трения скольжения. Нагрузочное устройство стенда позволяет прикладывать на стык как статическую, так и нормальную динамическую нагрузку. Стенд позволяет задавать необходимую частоту и амплитуду вибрации, а для контроля за колебаниями в стыке используются датчик-акселерометр и емкостный датчик, подключенные к осциллографу.

Особенностью стенда и способа испытаний на изнашивание при наложенной вибрации является использование резонансных систем для расширения диапазона варьирования динамическим коэффициентом во время испытаний. Для усиления колебаний, возбуждаемых электромагнитным вибратором, используется эффект резонанса сил, происходящий при совпадении частот вынужденных и свободных колебаний в динамических системах. Способ предусматривает предварительную оценку собственной частоты исследуемого стыка и настройку на нее частоты возбуждаемых вибратором колебаний. Дополнительное усиление вибрации создает резонатор, передающей колебания от электромагнитного вибратора на исследуемый стык при настройке его собственной частоты на частоту вынужденных колебаний, задаваемых вибратором. Варьирование амплитудой динамических сил и перемещений в контакте осуществляется путем настройки или расстройки частоты вынужденных

колебаний на собственную частоту стыка.

Выполнено исследование кинетики изнашивания пары «бронза-сталь» при наработке на стенде с наложенной нормальной вибрацией при различных динамических коэффициентах. Установлено, что изнашивание материалов при наложенной вибрации протекает более интенсивно, но при этом сохраняет циклический характер. Выявлены устойчивые размерные характеристики области, в которой локализуется развитие усталостного процесса.

Исследование динамики изменения характеристик поверхностного слоя в процессе изнашивания показало, что наиболее чувствительными к динамическим нагрузкам являются следующие параметры кинетической расчетной модели изнашивания: глубина деформируемого слоя, возрастающая пропорционально динамическому коэффициенту, и микротвердость поверхностного слоя, несколько уменьшающаяся с ростом амплитуды колебаний, что обусловлено преобладанием интенсивности разрушения над наклепом вновь появляющихся участков поверхностного слоя. Энергия активации пластической деформации поверхностного слоя изменялась с развитием усталости материала, достигая критического значения в период его предразрушения, которое оставалось постоянным при различных амплитудах динамического нагружения стыка.

На основе полученных данных была усовершенствована расчетная модель кинетического типа. Выполненное сопоставление расчетных результатов и экспериментальных данных показало их хорошее совпадение.

ТРИБОЛОГИЯ КАК УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Громаковский Д.Г., Беркович И.И., Силаев Б.М.
СамГТУ, г. Самара; ТГТУ, г. Тверь; СГАУ, г. Самара

Трибология как наука возникла и успешно развивается, главным образом, благодаря бурному развитию аэрокосмической, автотранспортной, железнодорожной отраслей, а также флота. Во всех развитых странах мира работают трибологические центры, ведется подготовка специалистов-трибологов.

В настоящее время в отдельных вузах нашей страны также начинает проводиться подготовка инженеров-трибологов, в некоторых вузах курс трибологии преподается как дисциплина в системе