

АЛГОРИТМЫ НОВЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

* Автор А.В. Тикалов

** Научный руководитель и соавтор Л.В. Ефремов

* СПб ГПУ Петра Великого. 195251/Санкт-Петербург. Россия.

email: tikalov2010@mail.ru

** Институт проблем машиноведения РАН. 199178. Санкт-Петербург. Россия

Актуальной проблемой надежности машин и приборов является упрощение и повышение точности оценки износостойкости материалов на машине трения типа СМЦ-2. Многолетние исследования авторов по этой теме состояли из нескольких этапов. Первый этап посвящен совершенствованию метода искусственных баз (МИБ) давно предложенным профессором Хрущевым М. М. Взамен изготовления сложного устройства (по ГОСТ 23.301-78) для нарезания продолговатых лунок с помощью алмазного резца и слабого микроскопа (3.7x), было предложено новое более простое и точное современное инструментальное, приборное и программное обеспечение. Например, для нарезания таких же лунок рекомендована мини болгарка для граверных работ диаметром 24 мм. На основании испытаний различных инструментов, доказана высокая эффективность применения обычного стандартного сверла с углом заточки 118° на сверлильном станке в сочетании с применением относительно дешевых современных цифровых микроскопов с большим увеличением (от 20 до 500 крат) на мониторе ноутбуков. Увеличенная на мониторе компьютера фотография лунки позволяет с высокой точностью определять ее размеры (включая диаметр окружности) с помощью программы распознавания образов.

В работе большое внимание уделено изучению влиянию человеческого фактора на погрешность измерений лунок через микроскоп. Источником информации послужили лабораторные работы с группами обученных и необученных студентов по данной теме. При этом использовались законы теории вероятности и математической статистики.

На первом этапе исследований одновременно обосновывалось применения метода виброакустического бесконтактного контроля (ВАК) процесса изнашивания с помощью виброметра СМ21 (ООО «ВАСТ»). Этот прибор не имеет спектрального анализатора, но его программа содержит фильтр, состоящий из трех полос диапазонов частот: низких (50...600 Гц), средних (600...1800 Гц) и высоких (1.8...10 кГц). При этом средние квадратические значения виброскорости (СКЗ) этих полос одновременно высвечивались на мониторе виброметра. Было экспериментально доказано, что процессы изнашивания образца однозначно характеризуются СКЗ высокочастотной полосой фильтра (ВЧ).

Второй этап исследований содержал анализ эффективности указанных выше методов для решения ряда теоретических и практических задач. Например, доказана возможность определения по СКЗ при ВЧ состояния пары трения: шероховатость, наличие или отсутствие смазки и прочее. Получены зависимости параметров линейной возрастающей корреляции СКЗ от нагрузки и частоты вращения с учетом варианта схемы пары трения. Успешно решена задача прогнозирования времени приработки подшипника по функции уменьшения высокочастотной СКЗ от начальной до минимальной величины предела чувствительности прибора.

Большое практическое значение имеют исследования абразивного изнашивания материалов вообще и многослойных вкладышей подшипников в частности. Они выполнялись на третьем этапе работы, который начался с изучения опыта ранее выполненных исследований отечественными и зарубежными учеными. Был предложен и реализован вариант испытаний с помощью абразивных шкур (АШ), которые наклеивались на вал двухсторонним скотчем. Шесть вариантов АШ имели разную зернистость от 25 до 200 мкм, которые испытывались

один за другим с оценкой интенсивности изнашивания (ИИ) по данным об измерения диаметра лунок до и после выполнения сеансов испытаний с заданной периодичностью. Доказано, что ИИ прямо пропорциональна зернистости АШ и обратно пропорциональна твердости поверхности слоя материала, что подтверждает понятие о ИИ. При изучении ИИ многослойных подшипников обнаружен колебательный характер этого процесса, что связано с упрочнением материала из-за пластической деформации при прохождении изнашивании через слои разных материалов (баббит, медь, сталь и др.).

На заключительном этапе разрабатывалась методика сравнительных испытаний для оценки свойств разных материалов. Для этого были разработаны специальные держатели образцов в виде брусков и установлены стандартные условия испытаний трения с применением МИБ. Испытания разных материалов позволяют получить справочный ряд их относительной износостойкости.

Исследования на всех этапах работы требовало разработки необходимого программного обеспечения. Так, для точной оценки внешних размеров лунки на фотографии с микроскопа применялся программа распознавания образов ImageJ. При выборе инструмента для нарезания лунок разработан ряд алгоритмов для пересчета внешних размеров лунки (например диаметра) в их глубину с учетом геометрии сверла. Для варианта использования мини болгарки была расшифрована простейшая формула Хрущева М.М. путем разложения точной геометрической функции в ряд Тейлора (Маклорена) по программе редактора МATHCAD. Затем эти формулы были использованы в алгоритмах для редакторов EXCEL и МATHCAD в процессе сеансов испытаний при определении ИИ с последующим построением соответствующих графических зависимостей. Во всех разделах работы применялись современные методы теории вероятности и математической статистики. Например, при исследовании влияния человеческого фактора на погрешность микроскопа для проверки выборки измерений на отсев применялся так называемый «ящик с усами».

Широко применялся корреляционный анализ зависимостей между различными факторами. В большинстве случаев применялся метод наименьших квадратов для получения линейных или логарифмических функций с оценкой коэффициента корреляции. Таким путем, например решалась проблема зависимости СКЗ от нагрузки и частоты вращения для разных схем пар трения. Задача прогнозирования времени приработки подшипника при уменьшении высокочастотной СКЗ решалась путем вероятностного моделирования.

В работе показаны примеры оценки наиболее сильных гармоник виброакустических колебаний с помощью преобразования Фурье.

Рассмотренные выше новые методики оценки износостойкости материалов на машине трения отличаются простотой, приемлемой точностью и экономической эффективностью. Производится подготовка к их внедрению в производство по заказу некоторых предприятий. В процессе разработки методы использовались в учебном процессе и НИРС по дисциплине «Техническое обслуживание и надежность промышленного оборудования» в СПб ГПУ Петра Великого.

Автор, аспирант

Тикалов А.В.

Научный руководитель
и соавтор, профессор

Ефремов Л.В.

26.02.2019