

Теория фракталов как эффективный инструмент решения прикладных (инженерных) задач

Савостьянова О.В., д.т.н., проф. Вячеслава О.Ф.
МГТУ «МАМИ»

Введение

Решение задачи создания поверхностей с определенными свойствами, необходимыми для стабильного функционирования деталей трансмиссии в процессе их эксплуатации, является насущной необходимостью в области технологического управления качеством их поверхности.

Исследования показали, что наиболее часто значительное количество деталей трансмиссии заменяется в эксплуатации по причине износа и разрушения поверхностного слоя деталей, т.е. причиной изменения технического состояния узлов трансмиссии является износ сопряжений. При обработке статистических данных по отказам деталей трансмиссии установлено следующее их распределение: износ – 53,4%; разрушение (трещины, поломка, обрыв части детали) – 18,9%; деформация (растяжение, скручивание, изгиб) – 10,4%, другие виды дефектов – 17,3%.

К числу эксплуатационных свойств трансмиссий относят: контактную жесткость, износостойкость, герметичность соединений, сопротивление усталости, коррозионную стойкость и др [1].

В качестве параметров, характеризующих работу фрикционных узлов трансмиссии, применяют такие параметры, как коэффициент запаса; коэффициент трения при буксовании и срыве; износ, коробление и усадка дисков трения при определенных режимах буксования; температура дисков трения (поверхностная, объемная); наработка узла до наступления его предельного состояния на определенных режимах работы. Следовательно, стоит более глубоко исследовать поверхностный слой деталей с целью уменьшения износа трансмиссии.

Влияние фрактальной субмикрощероховатости поверхностного слоя на износ деталей и их эксплуатационные свойства.

Существует два традиционных источника повышения качества трансмиссий. Первый - повышение точности изготовления деталей. Второй - использование новых, более качественных материалов. Первый путь является высокочрезвычайно затратным. Поэтому большое внимание в последнее время уделяется оптимизации микрогеометрии поверхностей для повышения качества трансмиссий.

Качество поверхности традиционно характеризуется шероховатостью и ее параметрами (ГОСТ 2789-73*) и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Физико-механические свойства поверхностного слоя тесно связаны с его структурой, способность которой адаптироваться к изменяющимся внешним условиям определяет механическое поведение материалов под нагрузкой или при трении. Для описания таких свойств успешно используются инженерные приложения теории фракталов, связанные с использованием концепции симметрии фрактальных структур (Ф-симметрии) и эффекта зарождения мультифрактальных структур как результата нарушения Ф-симметрии.

В механике разрушения фрактальная (дробная) размерность вводится для характеристики поверхности разрушения, совокупности пор или включений, распределения пор и микротрещин по размерам и т.п. При этом, не вдаваясь в подробности относительно геометрического строения, сложность структуры геометрически описывается фрактальной или нецелой размерностью, которая характеризует не только геометрию (плотность), но и процесс образования структуры. Таким образом, фрактальную размерность можно рассматривать как термодинамическую макроскопическую величину, характеризующую систему в целом и коррелирующую с рядом ее механических характеристик и, в частности, с износостойкостью [2].

Результаты эксперимента

Для определения параметров механических свойств поверхностей деталей трансмиссии (а именно, конусного синхронизатора), имеющих наилучшую корреляцию с интенсивностью

изнашивания I_h , были проведены испытания МДО-покрытий на износостойкость.

На основе металлографических исследований изучена структура, рельеф, рыхлость и сплошность покрытий, причем фрактальная размерность d_f образцов покрытий определялась с использованием метода островов-срезов (МОС). Оказалось, что зависимость интенсивности изнашивания от фрактальной размерности d_f близка к линейной [3].

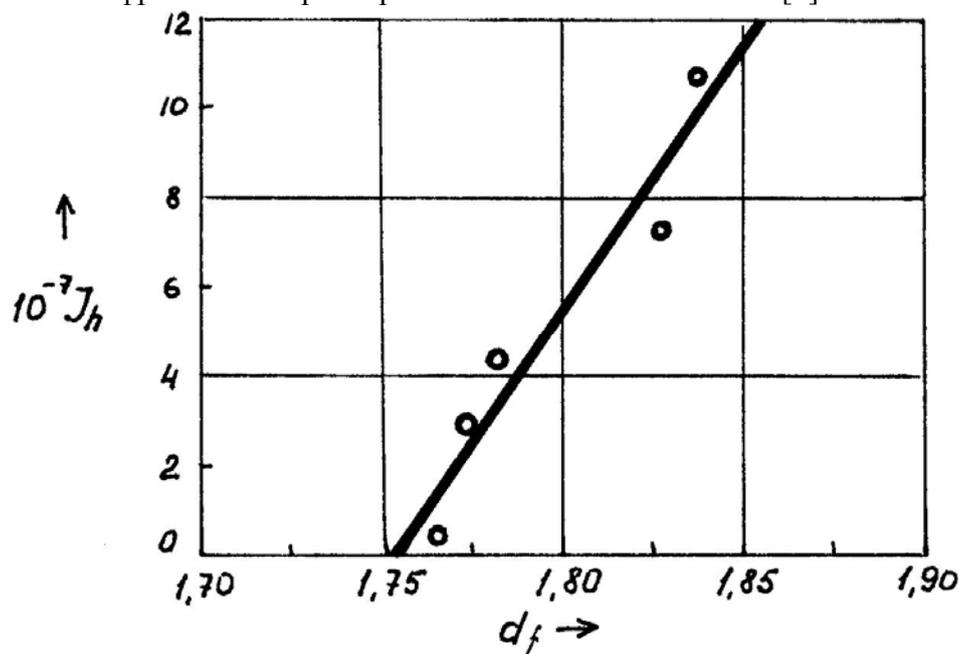


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания от фрактальной размерности.

С позиций современной трибологии механическое изнашивание в любом его виде рассматривается как специфическая разновидность классического разрушения материалов, поэтому применение концепции фрактального материаловедения к изучению изнашивания позволяет по-новому взглянуть на многие проблемы износостойкости материалов [4].

Распределение элементов шероховатости, возникающей на поверхности при воздействии на материал физических процессов, лежащих в основе используемых технологий обработки, не носит периодического характера, имеет островковое распределение, а форма элементов не совпадает с традиционными представлениями о ней как о «выступах» и «впадинах». В этом случае весьма затруднительным или совсем невозможным представляется использование для оценки шероховатости геометрических параметров, таких как R_a , R_{max} , S_m и т.д., основанных на профильном методе оценки, и кривой опорной поверхности Аббота-Файерстоуна – для оценки топографических свойств поверхности.

Естественно, что, не имея методики топографических свойств поверхности и ее геометрических характеристик, адекватно отражающей реальные процессы формирования поверхностного рельефа, невозможно со сколько-нибудь удовлетворительной достоверностью предсказать поведение этой поверхности в процессе эксплуатации детали или изделия. Особая заинтересованность в такой оценке проявляется в прогнозировании эксплуатационных характеристик деталей трансмиссий с повышенными требованиями по надежности и безопасности функционирования. В силу сказанного возникает задача разработки новых подходов в оценке шероховатости поверхности (по крайней мере, в отношении определенной группы поверхностей). Одним из возможных направлений поиска таких подходов является использование теории фракталов, а в качестве оценочного количественного параметра – фрактальной размерности D . В отличие от других характеристик шероховатости, фрактальная размерность является величиной инвариантной относительно преобразования масштаба. Такой подход, как представляется, позволит оценить шероховатость поверхности независимо от формы ее элементов и плотности их распределения, что придало бы такой оценке свойства универсальности.

Таким образом, критерий изнашивания на основе геометрического показателя - фрак-

тальной размерности - df может быть использован для оценки интенсивности изнашивания МДО-покрытий и прогнозирования их износостойкости.

В последнее время появился ряд работ зарубежных и отечественных исследователей [5], в которых использована фрактальная модель шероховатости. Фрактальный подход подразумевает степенную зависимость функции спектра мощности от частоты, что в свою очередь обеспечивает наличие шероховатости на многих разных масштабах длин.

Задачей современного представления о механизме контакта деталей является:

- анализ основных моделей фрактальных процессов;
- анализ методов определения фрактальных характеристик;
- определение взаимодействия смоделированных фрактальных профилей поверхностей по заданным параметрам шероховатости при высокой плотности пятен контакта.

Выводы

Таким образом, представленный метод может быть использован для анализа условий актуальных поверхностей, имеющих фрактальность, таких как поверхности различных материалов, обработанных механически или химически.

Подводя итоги, можно сделать выводы о том, что необходимо разработать новые подходы в оценке шероховатости поверхности (по крайней мере, в отношении определенной группы поверхностей). Одним из возможных направлений поиска таких подходов является использование теории фракталов, а в качестве оценочного количественного параметра – фрактальной размерности D . Такой подход позволит оценить шероховатость поверхности независимо от формы ее элементов и плотности их распределения, что придаст бы такой оценке свойства универсальности.

Литература

1. Труханов В.М., Зубков В. Ф., Крыхтин Ю. И., Желтобрюхов В. О. Трансмиссии гусеничных и колесных машин. М.: Машиностроение, 2001. 736 с.
2. Вячеславова О.Ф. Анализ обработанных поверхностей с помощью фрактальных изображений и фрактальных размерностей /В ж. «Автомобильная промышленность», №3.- М.: Машиностроение, 2005, 36-38
3. Оксогоев А.А. Фракталы. Инженерные приложения в материаловедении. Фракталы и прикладная синергетика 2005: Сб. статей. – Москва: Издательство Интерконтакт – Наука, 2005. – С. 71-82.
4. Малышев В.Н. Оценка износостойкости покрытий, формируемых микродуговым оксидированием, по параметрам фрактальности. Фракталы и прикладная синергетика 2005: Сб. статей. – Москва: Издательство Интерконтакт – Наука, 2005. С. 126-128
5. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. – М.: Наука, 1994. – 383 с.

Концепции механизма фильтрационной очистки с позиций проявления короткодействующих и далекодействующих сил захвата примесей

д.т.н., проф., Сандуляк А.В., к.т.н., доц., Сандуляк А.А., Ершова В.А.
МГТУ «МАМИ»

Короткодействующая сила, концепция «отложение-срыв»

В практике очистки жидкостей и газов широкое применение получили насыпные фильтры, в которых основным рабочим органом является та или иная гранулированная (зернистая) среда.

Наиболее объективным аналитическим подходом для характеристики процесса фильтрационной очистки (или, как еще именуют, – фильтрационного осветления) принято считать подход, основывающийся на совместном рассмотрении двух одновременно начинающихся и параллельно протекающих взаимно конкурирующих процессов (рис. 1а) [1,2].

Один из них, целевой – это процесс осаждения (отложения) примесей на вакантных или уже покрытых примесями участках поверхностей гранул или зерен фильтрующей среды-засыпки, являющейся неупорядоченной матрицей, поддающейся, тем не менее, среднестати-