

2. Максимов Ю.В., Азаревич Г.М., Логинов Р.В. Высокоточная финишная обработка гладких крупногабаритных валов. Журнал «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 7, 1999, с. 41-44
3. Чекалова Е.А., Гурин В.Д., Власов В.И. Механическая обработка с использованием озонированной среды. Журнал «Технология машиностроения» № 5. М. 2004. с. 22-24.
4. Чекалова Е.А., В.Д. Гурин, В.И. Власов. Разработка технологии механической обработки с использованием озонированной среды. Журнал «Металлообработка» № 5. г. Санкт-Петербург. 2005. с. 6-7.
5. Чекалова Е.А. Высокоэффективная технология механической обработки с использованием озонированной среды. «Справочник. Инженерный журнал» № 8. Издательство: Машиностроение. М. 2005. с. 31-32.
6. Чекалова Е.А. Повышение износостойкости инструмента и основные аспекты проблемы экологии в машиностроении. «Технология машиностроения» № 1. М. 2005, с. 26-27.

Фрактальная многомерная шкала, предназначенная для управления режимом размерной ЭХО и оценки его выходных данных

Бавыкин О.Б.
Университет машиностроения
ray86@list.ru

Аннотация. В статье предложен уточненный и расширенный вариант ранее предлагаемой фрактальной многомерной шкалы, позволяющей через значения фрактальной размерности регулировать режим размерной электрохимической обработки и оценивать структурно-динамические характеристики обработанной поверхности.

Ключевые слова: фрактальный анализ, фрактальная размерность, РЭХО, шероховатость.

Применение новых технологий обработки деталей (методов модификации и упрочнения поверхности; методов, значительно снижающих трудоемкость сложного формообразования – размерной электрохимической обработки [1]) потребовало разработки и применения нового подхода в технологическом обеспечении изготовления деталей вафельной конструкции с заданными эксплуатационными свойствами.

Анализ методов оценки параметров поверхностного слоя с целью расширения возможности управления ими в процессе обработки показал, что все они базируются на понимании поверхности как статического объекта, являющегося «следом» инструмента на обрабатываемой поверхности [2].

Подход, основанный на современных представлениях о формировании поверхности как динамической структуры, позволяющей связать структурные и геометрические параметры поверхности через категорию фрактальности, призван решить проблемы традиционных методов оценки свойств поверхности [3].

Возможная реализация такого подхода заключается в создании фрактальной многомерной шкалы для комплексной оценки характеристик структуры на основе их взаимосвязи с параметром D . В работе [4] авторами предложен первый вариант подобной многомерной шкалы, которую в данной статье предлагается расширить и уточнить по результатам проведенных исследований.

Окончательный состав многомерной шкалы следующий:

- шкала коэффициента асимметрии закона распределения высот элементов ЭХО-поверхности ($\sqrt{\beta_1}$);
- шкала кривизны закона распределения высот элементов ЭХО-поверхности (β_2);
- шкала фрактальной размерности (D);

- шкала температуры электролита ($T_э$);
- шкала скорости подачи катода (V_k);
- шкала геометрического параметра шероховатости (R_a);
- шкала скорости растравливания по границам зерен (F);
- шкала толщины (наличия) оксидной пленки (L).

В работе [5] предложена методика оценки фрактальности объекта. Для удобства использования этой методики применительно к ЭХО-поверхности в многомерную шкалу включены шкалы коэффициента асимметрии ($\sqrt{\beta_1}$) и кривизны (β_2).

В соответствии с работой [5] поверхность не проявляет фрактальные свойства в том случае, когда закон распределения высот неровностей поверхности соответствует:

- нормальному распределению;
- экспоненциальному распределению;
- трапецеидальному распределению (с частными случаями равномерного и треугольного распределения).

Во всех остальных случаях поверхность после размерной электрохимической обработки относится к фракталам, так как вершины рельефа поверхности распределены по степенному закону.

Если подсчитанные значения параметра $\sqrt{\beta_1}$ попадает в интервал от -0,06 до 0,06 и при этом значение характеристики β_2 находится в диапазоне от 2,89 до 3,12, то характер поведения высот неровностей ЭХО-поверхности соответствует нормальному закону (при уровне значимости $Q = 5\%$ и выборки $n = 5000$), и, следовательно, образец не проявляет фрактальных свойств.

Для равномерного распределения характерны следующие значения коэффициента асимметрии и кривизны: $\sqrt{\beta_1} = 0$; $\beta_2 = 1,8$.

Треугольное распределение (распределение Симпсона) обладает: $\sqrt{\beta_1} = 0$; $\beta_2 = 2,4$.

Стоит отметить, что коэффициент асимметрии ($\sqrt{\beta_1}$) для всех трапецеидальных распределений равен нулю, а кривизна (β_2) меняется от 1,8 до 2,4.

Для теоретического экспоненциального распределения параметры следующие: $\sqrt{\beta_1} = 2$; $\beta_2 = 9$.

Таким образом, если для ЭХО-поверхности значение коэффициента асимметрии лежит в интервале от -0,06 до 0,06 и при этом значение характеристики β_2 находится в диапазоне от 1,8 до 2,4 или от 2,89 до 3,12, то структура нефрактальна. Фрактальные свойства также не проявляются и в том случае, когда $\sqrt{\beta_1} = 2$ и $\beta_2 = 9$.

Так как все виды трапецеидальных распределений относятся к редким частным случаям, то из шкал определения фрактальности исключен диапазон значений параметра β_2 для данного семейства законов распределения ($\beta_2 = 1,8 \div 2,4$).

Кроме того, на основе проведенных статистических исследований ЭХО-поверхностей установлено, что им свойственны значения кривизны, лежащие в интервале от 1,8 до 2,74 [5]. Следовательно, закон распределения высот неровностей элементов рельефа ЭХО-образцов значительно отличается от экспоненциального ($\beta_2 = 9$), и учитывать его при определении фрактальности структуры нецелесообразно. Для статистической обработки ЭХО-поверхностей наилучшим образом подходит специализированное программное обеспечение [6, 7].

В соответствии с теорией фракталов [8] значения параметра D для фрактальных поверхностей изменяется от 2 до 3. Однако проведенный фрактальный анализ установил, что для образцов, обработанных методом размерной электрохимической обработкой, характерен диапазон параметра D от 2,01 до 2,103, что было учтено в соответствующей шкале. Значение

фрактальной размерности $D=2,01$ соответствует поверхности, полученной на оптимальном режиме обработки [9].

Из всех параметров размерной ЭХО, влияющих на качество обработанной поверхности, для построения фрактальной многомерной шкалы были отобраны: температура электролита ($T_э$) и скорость подачи катода (V_k).

Выбор обусловлен интерпретацией результатов проведенного исследования [9], в котором было выявлено, что такие параметры размерной ЭХО, как $T_э$ и V_k , оказывают наибольшее влияние на качество поверхности (на параметр R_a).

Кроме того, в отмеченной выше работе установлено значение параметра $R_a=0,04$ мкм, соответствующее оптимальному режиму размерной ЭХО, а также установлен диапазон значений параметра R_a ($R_a = 0,04 \div 8$ мкм).

Предложенный фрактально-кластерный механизм формирования поверхности детали при размерной ЭХО позволяет использовать в многомерной шкале значения фрактальной размерности в качестве индикатора протекания процесса «роста» или «разрушения». По результатам моделирования установлено, что если значения фрактальной размерности лежат в интервале от 2,065 до 2,21, то на ЭХО-поверхности происходит образование кластера разрушения. В случае, когда параметр D принимает значения от 2,21 до 3,0, протекает процесс образования пленочных структур. Причем чем больше значение фрактальной размерности, тем толще пленка (параметр H). Проведенный фрактальный анализ позволил скорректировать диапазоны значений фрактальной размерности, соответствующие процессу роста оксидной пленки на ЭХО-поверхности ($D 2,01 \div 2,04$) и процессу ее разрушения ($D 2,04 \div 2,103$).



Рисунок 1 – Общий алгоритм применения многомерной шкалы

В качестве динамического параметра поверхности, обработанной размерной ЭХО, вы-

брана скорость растравливания по границам зерен. Согласно результатам исследований [10], при снижении фрактальной размерности поверхности металла, обработанной электрохимическим растворением в системе вода-моноэтаноламин-хлорид натрия, происходит падение скорости растравливания.

Общий алгоритм применения многомерной фрактальной шкалы изображен на рисунке 1. Общий вид расширенной и уточненной многомерной шкалы представлен на рисунке 2.

Заключение

Предлагаемая фрактальная многомерная шкала позволяет решить проблему обеспечения изготовления деталей вафельной конструкции с заданными эксплуатационными свойствами.

Разработанная многомерная шкала базируется на глобальной оценочной характеристике структуры фрактальной размерности D , а также включает в себя шкалы определения фрактальности, основанные на свойствах фундаментального метода Херста. Это делает многомерную шкалу универсальной, и при соответствующей адаптации она может использоваться для оценки свойств любых фрактальных поверхностей.

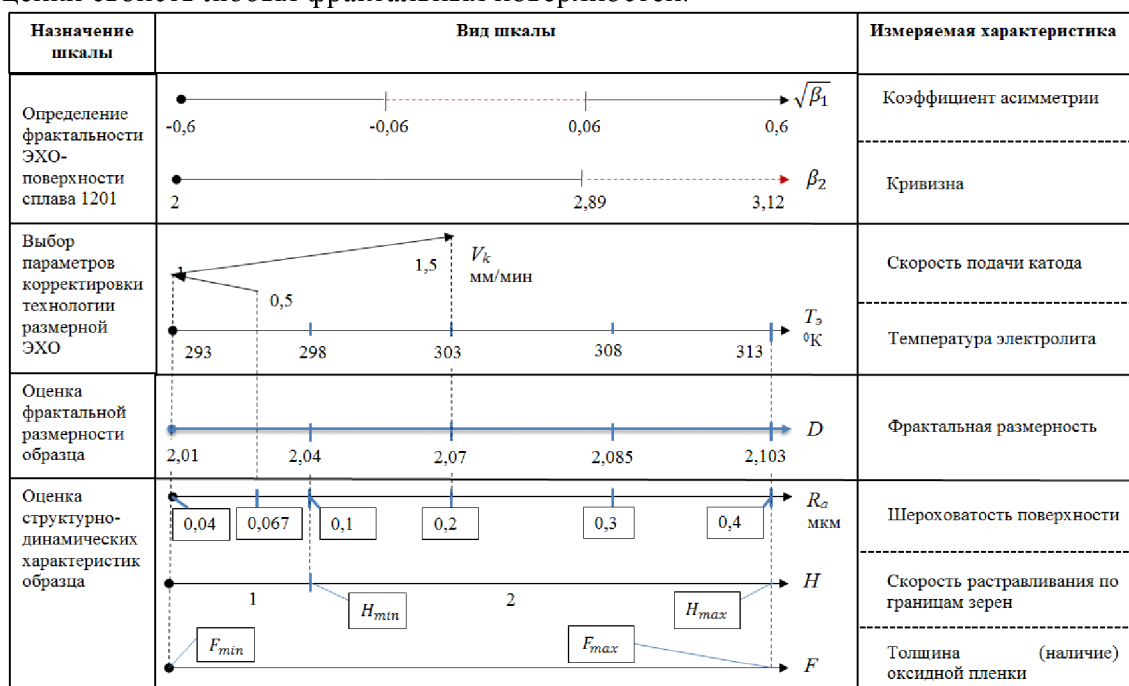


Рисунок 2 – Уточненный вид многомерной шкалы: T_e – температура электролита; V_k – скорость подачи катода; D – фрактальная размерность ЭХО-поверхности; R_a – геометрический параметр шероховатости поверхности; F – скорость растравливания по границам зерен; H – толщина (наличие) оксидной пленки; участок 1 – процесс образования кластера разрушения; участок 2 – процесс образования пленочных структур

Представленное расширение многомерной шкалы новыми параметрами и уточнение метрологических характеристик отдельных шкал позволяет использовать шкалу в технологическом процессе в качестве инструмента контрольной операции.

Литература

1. Потапов А.А., Булавкин В.В., Герман В.А., Вячеславова О.Ф. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью методов фрактальных сигнатур. // ЖТФ. 2005. Т. 75, № 5. с. 28 – 45.
2. Вячеславова О.Ф. Современные технологии обработки материалов в свете теории фракталов и ее практического приложения. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2006. № 2. с. 34-43.
3. Потапов А.А., Вячеславова О.Ф. Качественная и количественная оценка поверхности деталей машин на основе фрактальных размерностей и фрактальных сигнатур // Обозрение

- прикладной и промышленной математики. 2004. Т. 11. № 4. с. 901.
4. Бавыкин О.Б. Оценка качества поверхности машиностроительных изделий на основе комплексного подхода с применением многомерной шкалы. // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. № 1. с. 139-142.
 5. Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф. Определение интенсивности фрактальных свойств поверхностей конструкционных материалов по данным статистического анализа. // Труды международной 77-й научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров». – Москва, 2012 г. С. 12-21.
 6. Бавыкин О.Б. Применение в образовании специализированных компьютерных программ «Nova» и «MyTestX». // IDO Science. 2011. № 1. с. 10-11.
 7. Вячеславова О.Ф., Бавыкин О.Б. Комплексная оценка качества поверхности и эксплуатационных свойств изделий из наноматериалов. // Автомобильная промышленность. 2012. № 3.
 8. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. – N. Y.: Freeman, 1982. 468 p.
 9. Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф. Формирование наименьшего значения шероховатости поверхности деталей машин на основе выбора оптимальных режимов размерной электрохимической обработки. // Известия МГТУ «МАМИ». 2010. № 2 (10). с. 103-108.
 10. Носков А.В., Балмасов А.В., Козлова Н.Б., Лилин С.А. Фрактальные свойства поверхности вольфрама по данным импедансной спектроскопии границы раздела металл-раствор. // Журн. физ. химии. 2003. Т. 77. с. 2081.

Нанодисперсные многослойно-композиционные покрытия для режущих инструментов

д.т.н. проф. Максимов Ю.В., к.физ.-мат.н. Бубликов Ю.И., к.т.н. Верещака А.А., д.т.н. Верещака А.С., к.т.н. Хаустова О.Ю., Козлов А.А., Ходжаев О.
*Университет машиностроения, МГТУ «Станкин»
8(495) 223-05-23, доб. 1353*

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения многослойно-композиционных покрытий с нанодисперсными зёрнами и толщинами слоёв для нанесения на различные типы режущих инструментов. Показано, что режущие инструменты с нанодисперсными покрытиями имеют улучшенные режущие свойства в сравнении со стандартными инструментами с покрытием одинакового химического состава.

Ключевые слова: металлорежущие инструменты, нанодисперсные многослойно-композиционные покрытия

1. Введение

Технология вакуумно-дугового осаждения покрытий (КИБ-МЕVVA) является наиболее приемлемой для формирования покрытий различного функционального назначения, соответствующих новейшим концепциям градиентных, метастабильных, многокомпонентных, многослойных или суперрешетчатых покрытий. Среди перечисленных направлений совершенствования функциональных покрытий наиболее многообещающим является концепция многослойных покрытий с наноразмерными зёрнами и толщинами слоёв, так как такие покрытия удовлетворяют гамме зачастую противоречивых требований (обеспечение низкого трения, высокой износостойкости, барьерных функций диффузии, тепловым потокам в системе резания при соблюдении высокой прочности межслойной адгезии, снижении уровня внутренних напряжений, сбалансированности твердости и вязкости и т.д.). Кроме того, появляется возможность формирования комбинированных покрытий, включающих чередующиеся метастабильные и многокомпонентные структуры и сочетающих различные свойства отдельных слоёв в одном покрытии.

Большие преимущества при производстве режущего инструмента обеспечивают нано-