

САПР отливок, изготавливаемых в сырых песчано-глинистых формах. Журнал «Литейное производство». № 4, 5, 1995.

2. Трухов А.П., Волкомич А.А., Сорокин Ю.А., Слободина И.А., Рожков А.М. Особенности технологических моделей в САПР «Отливка». Журнал «Литейщик России». № 8, 2006.

Применение фрактального анализа для описания и оценки стохастически сформированных поверхностей

д.т.н. проф. Вячеславова О.Ф., Бавыкин О.Б.
Университет машиностроения
ray86@list.ru

Аннотация. В статье, на примере сплава 1201 предложен современный, основанный на фрактальном анализе, подход для описания и оценки стохастически сформированных поверхностей. Приведены результаты исследования взаимосвязи численных значений фрактальной размерности и параметров технологии размерной электрохимической обработки.

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

В последние годы в машиностроении наблюдается тенденция изготовления деталей из материалов, полученных современными методами обработки: эпитаксией, золь-гель процессами, электрофизическими и электрохимическими методами.

На поверхностном слое таких изделий присутствуют элементы со сложной и разнообразной формой, распределение которых носит стохастический характер [1]. Случайность структуры проявляется в негауссовой статистике ее поведения с преобладанием степенных законов распределения вероятностей.

Описанная выше черта вызывает проблему адекватного описания процесса образования поверхностного слоя стохастически сформированных поверхностей для последующего его изучения. Применение традиционных методов приводит к потере весомой части полезной информации, в результате чего искажается представление о топологии и топографии поверхностей, и как следствие – понижается достоверность прогнозируемых функциональных свойств деталей и изделий в целом.

Возможным подходом повышения эффективности исследования наноматериалов, учитывающим особенности формирования структуры, может служить применение методов фрактальной геометрии [2].

Предлагаемая концепция реализуется на примере сплава 1201 и размерной электрохимической обработки (РЭХО). Данный материал обладает доказанными фрактальными свойствами сильной интенсивности [3].

Для достижения поставленной цели необходимо решить две задачи:

- установить взаимосвязь между параметрами РЭХО (тип электролита – 15 % NaCl + 15 % NaNO₃ или 15 % NaNO₃; температура электролита – T; скорость подачи катодного инструмента – V_к; скорость потока электролита – V_э) и качеством обработанного материала (параметр шероховатости поверхности R_а);
- определить зависимость между фрактальной размерностью поверхности обработанного объекта и параметрами РЭХО.

Первая задача решена в работе [4]. Согласно полученным данным, для сплава 1201 наибольшее влияние на параметр R_а из всех факторов оказывают:

- температура электролита;
- скорость подачи электролита.

Для решения второй задачи были подсчитаны значения фрактальных размерностей по спектру для ряда РЭХО поверхностей (таблица 1).

Расчеты выполнялись в специальной компьютерной программе [5].

Значения фрактальных размерностей для различных режимов обработки сплава 1201

№ режима	Фрактальная размерность по спектру D_s	Параметры обработки
1	1,905	15 % NaCl + 15 % NaNO ₃ ; T = 288 °K; V _к = 0,5 м/мин; V _э = 12 м/мин
2	2,07	15 % NaCl + 15 % NaNO ₃ ; T = 293 °K; V _к = 1 мм/мин; V _э = 12 м/мин.
3	2,14	15 % NaCl + 15 % NaNO ₃ ; T = 298 °K; V _к = 1,5 мм/мин; V _э = 12 м/мин.
4	2,07	15 % NaNO ₃ ; T = 288 °K; V _к = 1,5 м/мин V _э = 12 м/мин
5	2,002	15 % NaNO ₃ ; T = 288 °K; V _к = 1,5 м/мин V _э = 12 м/мин
6	2,103	15 % NaNO ₃ ; T = 293 °K; V _к = 1,0 мм/мин V _э = 12 м/мин

Исследование взаимосвязей фрактальной размерности и параметров режима обработки ($T_э$ и $V_к$) (рисунки 1, 2) показало, что для сплава 1201 с ростом температуры в интервале от 288 °K до 293 °K D_s возрастает от 1,903 до 2,103, что связано с ростом интенсивности и избирательности процесса анодного растворения сплава.

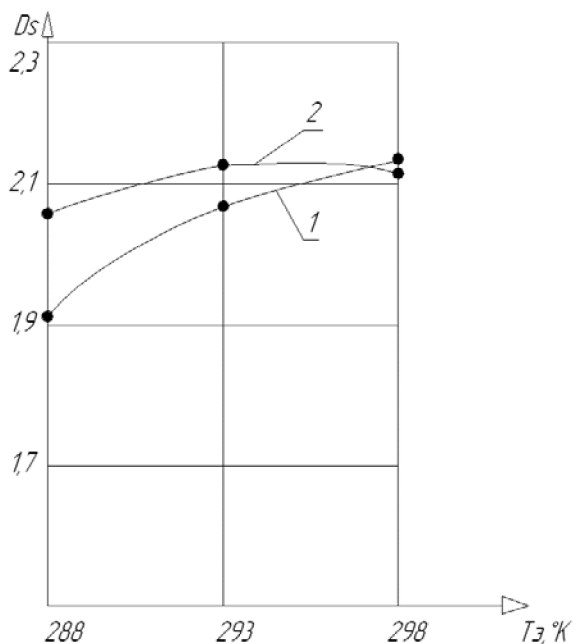


Рисунок 1 – Взаимосвязь D_s и $T_э$ К:
1 – элемент 15 % NaCl + 15 % NaNO₃;
2 – элемент 15 % NaNO₃

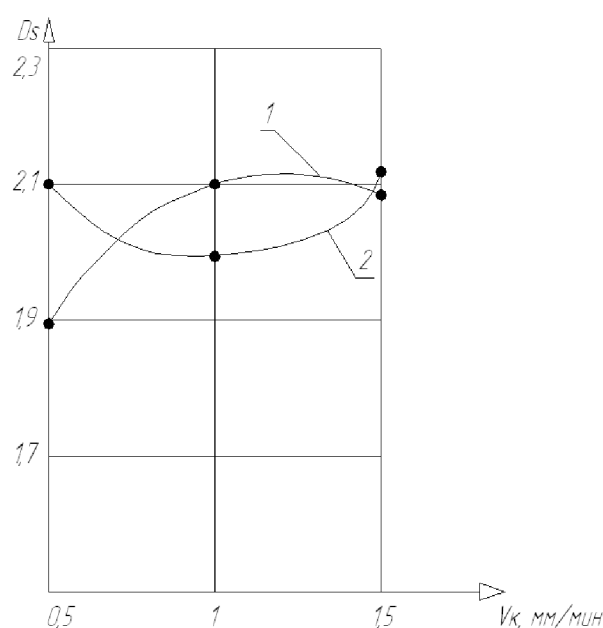


Рисунок 2 – Взаимосвязь D_s и $V_к$:
1 – элемент 15 % NaCl + 15 % NaNO₃;
2 – элемент 15 % NaNO₃

Причём для нитратного электролита наблюдается тенденция к стабилизации значений D_s в указанном диапазоне температур, а для комбинированного электролита – к росту значений D_s . Стабилизация значений D_s в нитратном электролите объясняется установившимся процессом образования фрактальных кластеров (плёночный механизм формирования поверхности), а небольшой рост этих значений в комбинированном электролите – активным действием ионов хлора, способствующим дальнейшему развитию процесса избирательного травления материала.

Увеличение скорости подачи катода-инструмента V_k приводит к некоторому снижению D_s (от 2,1 до 2,0) при обработке сплава в нитратном электролите, что связано с пассивирующим действием. Дальнейшее увеличение скорости подачи катода-инструмента приводит к уменьшению гидродинамики процесса ЭХО и увеличению значений D_s . Для комбинированного электролита в диапазоне скоростей от 1 до 1,5 м/мин формируется зона с постоянным значением D_s (~ 2.1).

При обработке сплава 1201 в нитратном электролите значение D_s слабо изменяются в зависимости от скорости течения электролита, в силу чего формирующуюся поверхность можно охарактеризовать как самоорганизующуюся иерархическую структуру, обладающую свойством анизотропности.

РЭХО также демонстрирует преобладающий вклад химических (электрохимических) процессов в формировании поверхностных структур. Методы фрактальной и электрохимической обработки различаются лишь во втором порядке.

Для получения однородной поверхности с развитой иерархией элементов необходимо поддерживать:

- температуру электролита в интервале 293 – 295 °К;
- скорость течения электролита – в диапазоне от 32 до 52 м/мин;
- скорость перемещения катод – инструмента – от 0,5 до 1 м/мин.

Заключение

Таким образом, можно заключить, что, изменяя параметры различных режимов методов обработки, можно влиять на степень иерархичности поверхностей структуры, её анизотропность и на процесс кластерообразования в целом, что отражается в численных значениях фрактальной размерности. Уровень иерархичности поверхности связан с величиной фрактальной размерности D_s этой поверхности, т.е. фрактальная размерность есть мера иерархичности структуры.

Иерархичность поверхности может определять эксплуатационные свойства деталей, например, трибологические свойства, усталостную прочность, коррозионную стойкость и др.

Выявленные в данной работе зависимости между фрактальной размерностью и параметрами РЭХО, а также установленные в работе [4] взаимосвязи между параметром шероховатости поверхности R_a и режимами РЭХО дают основания для разработки многомерной шкалы [6, 7]. Это позволит, имея на выходе один параметр (фрактальную размерность), оценивать качество обработанных поверхностей и при необходимости менять его через параметры РЭХО.

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. Статья в журнале "Упрочняющие технологии и покрытия". – М.: Машиностроение, 2006, № 2, с. 34-43.
3. 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.
4. Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф. Формирование наименьшего значения шероховатости

- поверхности деталей машин на основе выбора оптимальных режимов размерной электрохимической обработки. М.: «Известия МГТУ МАМИ» № 2 (10), 2010.
5. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы в обработке информации. (Московская научная школа фрактальных методов в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 1981 – 2011 гг.) // Сб. науч. тр. “Необратимые процессы в природе и технике” / Под ред. В.С. Горелика и А.Н. Морозова. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. Вып. IV. с. 5 – 121.
 6. Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф. Многомерная шкала для комплексной оценки качества поверхности и функциональных параметров электрохимически обработанных изделий. // Труды национального научного симпозиума с международным участием «Метрология и метрологическое обеспечение 2010».- Болгария, 2010.
 7. Вячеславова О.Ф., Зайцев С.А., Бавыкин О.Б. Моделирование процесса формирования структурногеометрических и эксплуатационных свойств поверхности и их оценка на основе многомерной шкалы. // Труды семинара «Передовые российские технологии». Мадрид, 2011.

Особенности механической обработки деталей из керамических материалов

д.т.н. доц. Горелов В.А., Алексеев С.В.
Университет машиностроения
assamodelkin@mail.ru , (919) 049-00-74

Аннотация. В статье показаны особенности алмазного шлифования деталей из керамических материалов и предложены новые направления исследования повышения качества поверхности деталей из керамики.

Ключевые слова: керамика, алмазное шлифование

На современном этапе производства при создании авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) повышаются требования к теплонагруженности основных конструктивных элементов двигателя. Так, температура рабочего газа перед турбиной достигает 1850 – 2100 К, к тому же значительно повышаются требования по надежности и сроку службы. Столь большие температурные нагрузки в окислительной среде с одновременным воздействием знакопеременных силовых нагрузок приводят к тому, что большинство общепринятых и широко используемых в авиационной технике высокопрочных легированных сплавов неработоспособны из-за значительной деградации их физико-механических характеристик. Поэтому материалами, которые могут широко использоваться в ГТД, являются керамические композиционные материалы.

Применение керамических материалов (КМ) обусловлено следующими преимуществами: сохранением механических свойств при высоких температурах, высокой износостойкостью и антикоррозийностью.

Из недостатков КМ основным считается хрупкость, обусловленная жесткостью связей в кристаллической решетке. В настоящее время основные усилия исследователей при разработке КМ направлены на преодоление хрупкости, повышение уровня прочности, термостойкости и ударной вязкости.

Высокая твердость, отсутствие пластичности, низкая стойкость к тепловым ударам, склонность к растрескиванию создают трудности при механической обработке, особенно при получении изделий сложной геометрической формы с высокой точностью и качеством обработки. Создание высокоэффективных методов обработки КМ представляет одну из сложнейших задач современного машиностроения.

Основным методом получения высокоточных поверхностей деталей из КМ является шлифование. Обрабатываемость КМ определяется следующими факторами: механическими свойствами керамики (зависящими от условий и параметров спекания), жесткостью технологической системы и режимами резания.