

Рис. 4. Структура исходной заготовки (а) и заготовка из сплава ЭП741НП после изотермической раскатки (б).

Выводы:

Модернизированное оборудование обеспечивает получение заготовок дисков с высокими точностными параметрами и механическими характеристиками как из титановых, так и никелевых сплавов.

Для решения проблемы горячего деформирования цилиндрических заготовок из порошкового жаропрочного никелевого сплава ЭП741НП была разработана технология жидкофазного спекания таких материалов (патент РФ № 2224622) с последующей деформацией заготовок (патент РФ № 2254195).

Литература

1. Генерсон И.Г. Производство поковок турбинных и компрессорных дисков. М., Л., Машгиз, 1962, 278 с.
2. Производство железнодорожных колес. М., Metallurgia, 1972, 232 с.
3. Пат. 2993393 (США).
4. Шифрин М.Ю., Соломович М.Я. Производство цельнокатанных колес и бандажей. М., Metallurgizdat, 1954, 500 с.
5. Звягинцев А.Ф. Деформация заготовок в колесопрокатном стане. Сталь. 1951, № 10, с. 903 - 907.
6. Маскулия Е.Р., Альшиц М.Я., Грайфер А.Х., Изготовление деталей типа дисков методом раскатки. Вестник машиностроения. 1983, № 7, с. 65 - 67.

Компьютерный ретрофиттинг измерений и контроля как элемент информационных технологий

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

Введение

Интеллектуальный компьютерный ретрофиттинг является одним из направлений развития CALS – технологии в метрологии и метрологическом обеспечении производства. В рамках этого направления осуществлена компьютеризация и интеллектуализация измерительных и универсальных микроскопов, введен в систему метрологического обеспечения технологического процесса изготовления деталей РКТ измерительный комплекс на базе сканирующего зондового микроскопа фирмы «NT – MDT – Зеленоград с сопутствующим программным обеспечением: «GREY – ANALISIS» и «Фрактальный анализ поверхности» [1,2].

Это позволило, опираясь на применение оригинальных алгоритмов [3,4], методы фрактальной геометрии и цифровой робастной фильтрации [5,6], повысить стабильность и точность измерений, перейти к новому качественному уровню понимания процесса формирования поверхности, причем как геометрических, так и структурных ее характеристик. Такой комплекс осуществляет

- контроль геометрических параметров поверхностного слоя, сравнивая их с данными математической модели формирования поверхности;
- сканирование участков поверхности, на базе которых в системе, входящей в вычисли-

тельный комплекс, создается математическая модель топографии поверхности;

- сканирование поверхности для создания управляющих программ ее обработки на соответствующем оборудовании с программным управлением.

Для ведения названных процедур разработан программный продукт, предназначенный для автоматизированной обработки результатов измерений геометрических параметров поверхности деталей РКТ не только по стандартным параметрам шероховатости поверхности (R_a , R_z , tr , S_m и т.п.), но и по так называемым фрактальным размерностям D (D_s , D_o , и т.п.), что позволяет установить взаимосвязь геометрических и структурных характеристик поверхностного слоя. Такой подход дает возможность, основываясь на принципах фрактальной геометрии (фрактального анализа) поверхностного слоя детали, существенно повысить точность оценки его геометрических и структурных параметров, выявить и количественно определить (в нанодиапазоне размеров величин) «вторичную» и более высокого ($n - \text{го}$) порядка шероховатость поверхности.

Кроме того, применение методов фрактальной геометрии позволяет осуществлять процесс контроля характеристик поверхностного слоя на основе фрактально – кластерной модели формирования поверхности обработки [5].

Результаты фрактального анализа

В последнее время для описания скоплений малых (радиусом $R = 100\text{нм}$) металлических частиц всё шире привлекаются кластерные представления объектов с фрактальной структурой, с использованием таких понятий как “фрактальный агрегат” или “фрактальный кластер”.

Результаты моделирования позволяют определить численное значение фрактальной размерности по моделям кластерного образования поверхности (табл.1) и сравнить их с величинами фрактальной размерности кластера, полученными путём измерения экспериментальных образцов поверхности, исследованных на сканирующем зондовом микроскопе “Solver” (MDT).

Таблица 1

Вычисленные фрактальные размерности фрактальных кластеров.

№ п/п	Вид обработки	Модель пуассоновского распределения	Модель экспоненциального распределения
1.	С образованием кластеров разрушения: <ul style="list-style-type: none"> • размерная электрохимическая обработка; • лазерная обработка; • эрозионная обработка 	2,065	2,165
2.	С образованием плёночных структур (кластеров “нарастания” поверхности)	2,210	1,975

Анализ полученных результатов исследований поверхности образцов позволяет утверждать о существовании областей, обладающих фрактальными свойствами. Это подтверждается пиками экспериментальных распределений фрактальных размерностей, а также дробными значениями размерности как по изображению (D), так и по спектру (D_s), табл. 2. Кроме того, подтверждается ранее высказанное предположение о наличии так называемых «тяжелых хвостов» в экспериментальных распределениях, рис. 1 - б), 4 -б), что указывает на наличие событий, происходящих часто, чтобы ими можно было пренебречь.

Т.е. фрактальный анализ поверхностных изображений (сигнатур) позволяет «открыть» новую информацию об исследуемом объекте, следовательно, и более точно оценить его параметры, и с более высокой эффективностью управлять процессом формирования геометрических и структурных параметров поверхности детали.

Созданные алгоритмы вычисления фрактальных сигнатур [7] работоспособны в очень широком диапазоне физических размеров элементов изображений и позволяют находить эффекты «скейлинга», даже замаскированные так называемыми шумами.

Таблица 2.

Значения фрактальных размерностей D и Ds для исследованных образцов

№ п.п.	Вид обработки	№ режима	Фрактальная размерность D	Фрактальная размерность Ds	Дисперсия Σ^2
1.	Алмазное шлифование	5	2,117	1,985	0,024
		8	2,288	2,022	0,026
2.	Микродуговое оксидирование	1.	2,102	2,065	0,029
		2.	2,279	2,179	0,072
		16.	2,420	2,215	0,070
		23.	2,392	2,157	0,075
3.	Электроэрозионный синтез покрытий	1.	2,445	2,237	0,077
		2.	2,303	2,179	0,032
		10.	2,536	2,136	0,498
4.	Алмазное точение с последующим электрохимическим травлением	1.	2,085	1,971	0,025
		4.	2,097	1,978	0,038
		8.	2,174	2,132	0,078

Подбирая параметры измерительного алгоритма (размеры измерительного и масштабного окон), можно проводить селекцию крупномасштабных и мелкомасштабных кластеров, рис. 1.

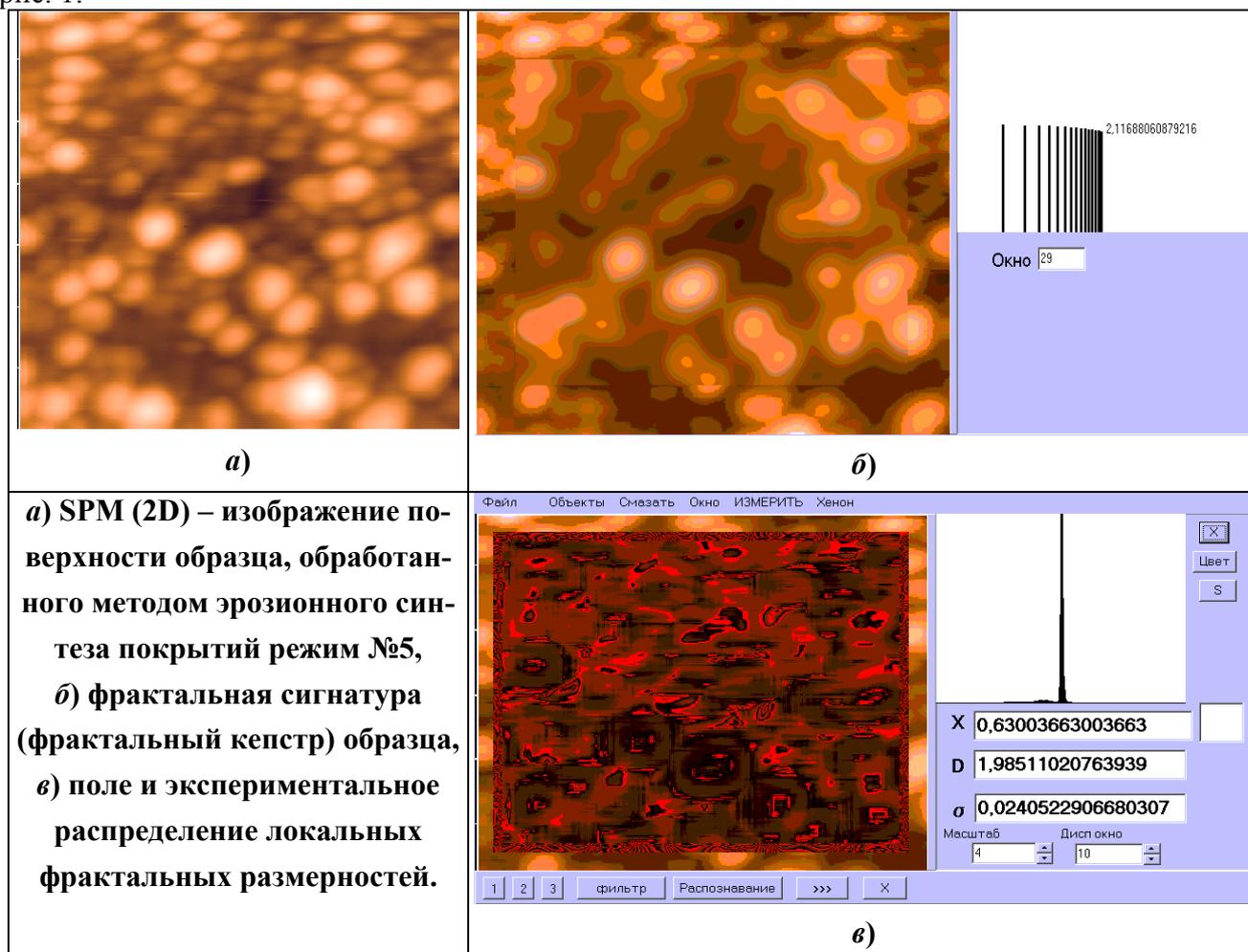


Рис. 1. Фрактальный анализ поверхности образца.

Заключение

Проведенный компьютерный ретрофиттинг показал потенциальные возможности фрактальных методов для развития информационных технологий в производстве деталей

РКТ.

Новые технологии обработки материалов, основанные на воздействии внешней фазы на всю обрабатываемую поверхность (обработка высококонцентрированными потоками энергии, размерная электрохимическая обработка, различного рода покрытия и т.п.), создают на поверхности деталей кластерные структуры, существование которых диктует потребность применения новых подходов к их описанию и оценке, что, в частности, достигается применением интеллектуального компьютерного ретрофитинга на базе математического аппарата фрактальной геометрии.

Литература

1. Петров В.И. Сканирующая зондовая микроскопия / Петров В.И., Лукьянов А.Е., - М.: Физ.дан. МГУ, ч.1, 2001 108 с.
2. Рыков С.А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур. Учебное пособие для студентов ВУЗов.- СПб.: Наука, 2001. 52 с.
3. Вячеславова О.Ф., Иванов С.А. Объективные предпосылки создания новых подходов в оценке шероховатости поверхности, обработанной электрофизическими методами обработки: материалы 8-й Всероссийской научно-техн. конф. «Состояние и проблемы измерений». М.: 2002, ч.2. с. 65-66.
4. Вячеславова О.Ф., Назаров Ю.Ф., Иванов С.А. Фрактальная модель формирования поверхности физическими методами//Обозрение прикладной и промышленной математики. 2002, т.9, вып.3, с.698 -599.
5. Информационные технологии в разработке сложных систем: Труды ГОСНИИАС/ГОСНИИ авиац. Систем: -М.: вып. 1(3), 1994, 92 с.
6. Информационные технологии, системы и приборы: Сб. научных трудов/Ульяновский Госуд. Техн. университет. Ульяновск, 1998. 91 с.
7. Потапов А.А., Герман В.А. О методах измерения фрактальной размерности и фрактальных сигнатур многомерных стохастических сигналов /В ж. «Радиотехника и электроника», 2004, т.49, № 12, с.1468 – 1491

Создание технологических систем оперативной подготовки производства новой техники на базе современных средств быстрого прототипирования

к.т.н. Гладков В.И., Кулагин В.В., Круглов С.М.
ОАО «НИИТавтопром»

В условиях современной экономики предприятия, желающие быть конкурентоспособными, должны оперативно реагировать на постоянно изменяющиеся запросы рынка. При этом новое изделие должно быть предложено потребителям раньше, чем их производственные системы будут полностью готовы к серийному производству. Практика мировых компаний показывает, что решить эту задачу можно путем использования на стадиях разработки и подготовки производства организационно-технологических систем Компактного Интеллектуального Производства (КИПр).

Система КИПр базируется на применении средств автоматизированного проектирования (САД) совместно с компьютеризированным технологическим оборудованием быстрого прототипирования (Rapid Prototyping-RP) и оперативного изготовления опытных образцов и оснастки в составе единой "сквозной" системы. Она позволяет ускорить процесс перехода от научных и конструкторских идей к компьютерным моделям изделий и их прототипам из различных материалов с целью использования как при доработке конструкции, так и при создании технологической оснастки.

Быстрое прототипирование (RP) – незаменимый инструмент отработки новых изделий, позволяющий проверить конструкцию до запуска в производство, выявить ошибки проектирования, внести необходимые коррективы не в деталь, а в ее компьютерную модель, а затем уже оперативно изготовить оснастку.

Сущность любого процесса быстрого прототипирования составляет послойный синтез - "выращивание" физической копии объекта продукции без использования традиционной тех-