

необходимое для расчета пружины, и значение угла φ_1 , при котором $l_{BC} = l_2$, т.е. шатун восстанавливает исходную длину и колесо 5 должно быть расфиксировано.

Литература

1. Virabov R.V., Kostrova (Balabina) T.A. Cam-Gear-Lever Mechanism with Periodical Fixed Dwell of the Outlet Link. Материалы VI Конгресса по ТММ в Индии, 1983.
2. Вирабов Р.В., Балабина Т.А. Кулачково-зубчато-рычажный механизм с точным выстоем выходного звена. «Вестник машиностроения», 1983, № 12.
3. Балабина Т.А. Специфика кинематического и силового расчетов кулачково-зубчато-рычажных механизмов с упругим элементом и фиксированным выстоем выходного звена. Журнал «Проблемы машиностроения и автоматизации», № 3 – 4, 1993, МЦНТИ (Международный центр научной и технической информации).
4. Вирабов Р.В., Дмитриева Л.Н., Балабина Т.А. Влияние упругого элемента на движение ведомого звена кулачково-зубчато-рычажного механизма. «Вестник машиностроения», 1989, № 1.

Фрактальный анализ профиля поверхности деталей машин с применением измерительной установки MarSurf XR20

Бавыкин О.Б., Плаксин С.В., д.т.н. проф. Вячеслава О.Ф.
Университет машиностроения
uto@mami.ru

Аннотация. В статье предложен способ фрактального анализа профиля поверхности, основанный на совместном применении измерительной установки MarSurf XR20, табличного процессора Microsoft Excel и компьютерных программ Fractan и MarWin. Представлены результаты фрактального анализа профиля поверхности, полученные с помощью предлагаемого способа.

Ключевые слова: шероховатость, фрактальный анализ, показатель Херста H , измерительная установка MarSurf XR20.

Известно, что шероховатость поверхности детали во многом определяет эксплуатационные свойства изделия [1]. При этом традиционные параметры шероховатости профиля поверхности (Ra , Rz , R_{max} и т.д.) в некоторых случаях не позволяют адекватно оценить функциональные свойства изделия. Это привело к появлению узкоспециализированных параметров, предназначенных для изучения поверхности, полученной определенным методом обработки и/или из определенного материала. Например, для зеркала цилиндра двигателя применяется семейство R_k параметров [2]. В настоящее время насчитывается порядка 100 различных оценочных характеристик профиля поверхности.

Как показал проведенный в статье [3] анализ научных работ, возможным универсальным параметром шероховатости поверхности, позволяющим оценивать состояние поверхности независимо от метода обработки, может стать фрактальная размерность (параметр D).

Можно выделить два метода вычисления параметра D инженерной поверхности [4, 5]: интегральный и профильный.

Упомянутые методы обладают рядом недостатков и ограничений.

Интегральный метод, в рамках которого определяются фрактальные характеристики всей исследуемой поверхности, реализуется в основном с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Несмотря на возможность высокого разрешения сканирования и проведение моделями зондовых микроскопов испытаний с целью утверждения типа, широкое применение метода ограничивают высокая стоимость приборов, сложная процедура подготовки образца и маленькая площадь сканирования. Кроме СЗМ могут применяться различные экспериментальные установки [4], которые в данной статье не рассматриваются.

При реализации профильного метода исходными данными служит профилограмма поверхности, а фрактальный анализ выполняется в специально написанных компьютерных программных продуктах (как, например, в работе [6]). При этом, такого рода программы не проходят метрологической аттестации, что повышает вероятность возникновения погрешности алгоритма вычисления фрактальных параметров.

В данной работе предлагается вариант комплексного применения профильного метода с последующей фрактальной обработкой полученных профилограмм (рисунок 1), в котором в качестве оценочного параметра используется не фрактальная размерность D , а родственная характеристика – показатель Херста (параметр H).

Согласно рисунку 1, измерение профиля образца выполняется с помощью средства измерений MarSurf XR 20 [7] (этап 1). Данный прибор прошел испытания с целью подтверждения типа и имеет свидетельство о поверке, что подтверждает высокую достоверность получаемых результатов.

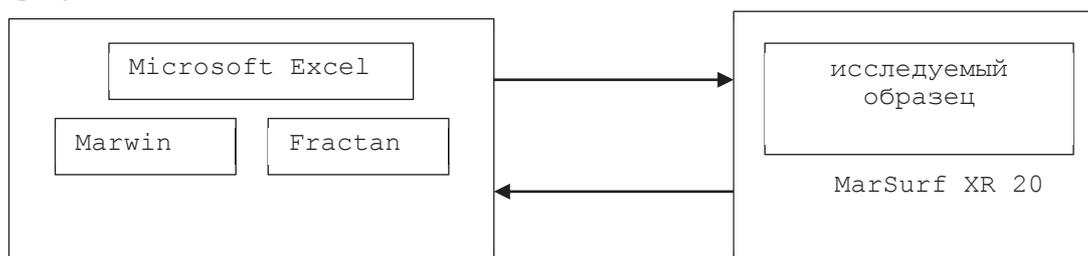


Рисунок 1. Схема фрактального анализа профиля поверхности на установке MarSurf XR 20

На следующем этапе полученная измерительная информация передается в компьютер, где с помощью специально написанного в программе Marwin алгоритма сохраняется в виде временного ряда значений высот неровностей профиля. После этого временной ряд загружается в Microsoft Excel и преобразовывается со следующими параметрами:

- формат данных: с разделителями;
- символ-разделитель: пробел;
- изменение элементов временного ряда: добавление пробела перед каждым членом ряда.



Рисунок 2. Образцы для фрактального анализа

Преобразованные данные сохраняются в текстовом документе (с расширением *.txt) и загружаются в программу Fractan [8] для вычисления показателя Херста H [9].

Стоит отметить, что упомянутое программное обеспечение обладает высокой точностью фрактальной обработки временного ряда, о чем свидетельствует его широкое использо-

вание в различных научных исследованиях [10]. Это снижает погрешность алгоритма фрактального анализа, которая свойственна программам собственной разработки.

С целью практического подтверждения возможности фрактального анализа поверхности деталей машин по предлагаемому способу была изучена серия образцов.

В качестве объектов исследования использовались 14 стальных пластин размером 20x10x1,5 мм (материал Ст.2), показанных на рисунке 2.

Таблица 1

Результаты фрактального анализа и оценки шероховатости поверхности образцов

№ поверхности	Параметры шероховатости поверхности, мкм			Показатель Херста
	Ra	Rz	Rmax	
1/1	1,0028	6,3844	7,0577	0,8708±0,0395
1/2	0,9976	7,2345	9,8153	0,7749±0,0777
2/1	1,5827	11,8526	18,1789	0,7869±0,0241
2/2	0,8967	5,8474	7,8424	0,8545±0,0324
3/1	0,9232	7,2672	11,6343	0,7651±0,0319
3/2	1,1902	6,7575	7,6729	0,8496±0,0360
4/1	0,8698	9,1172	18,5161	0,8468±0,0455
4/2	0,8913	6,9694	8,5797	0,7882±0,0212
5/1	1,3455	7,6594	10,7085	0,8197±0,2395
5/2	0,8516	5,9175	9,6695	0,8572 ±0,1180
6/1	1,0209	5,6429	7,1905	0,7533±0,0967
6/2	0,9659	7,0578	8,8946	0,7721±0,1318
7/1	1,8635	13,6703	17,4659	0,7628±0,1661
7/2	0,9183	7,2174	10,2114	0,8834±0,0290
8/1	1,7831	9,1739	12,0352	0,6473±0,0974
8/2	0,9535	6,6491	8,2052	0,5905±0,1753
9/1	1,017	6,2866	8,7736	0,7837±0,0202
9/2	1,0074	4,8646	7,6759	0,8696±0,1986
10/1	1,2041	6,9494	13,2462	0,7878±0,0596
10/2	1,4383	7,1814	9,9957	0,6066±0,0567
11/1	0,8067	5,772	6,5765	0,7861±0,0437
11/2	0,8872	5,3029	7,1788	0,8241±0,0245
12/1	1,2191	9,6679	11,014	0,6672±0,0316
12/2	0,9853	6,3523	8,445	0,7079±0,0714
13/1	1,0235	5,6429	7,9754	0,8165±0,1032
13/2	0,4055	2,2608	2,4758	0,7843±0,0907
14/1	0,9028	5,7222	9,1983	0,7242±0,1267
14/2	0,8815	4,9818	7,6097	0,8553±0,0345

В результате обработки измерений получены значения показателя Херста профилей каждой поверхности четырнадцати стальных пластин. Кроме того, вычислены значения шероховатости по трем параметрам (Ra, Rz, Rmax). Таблица 1 содержит результаты исследования образцов. На рисунках 3 и 4 представлены графики зависимости параметра Н от геометрических параметров шероховатости.

Анализируя полученные результаты, можно отметить отсутствие зависимости между традиционными параметрами шероховатости поверхности и значением показателя Херста (рисунки 3 и 4). Следовательно, параметр Н, как и фрактальная размерность D, может применяться в качестве дополнительной характеристики профиля поверхности, что позволяет расширить номенклатурно-параметрический диапазон оценки состояния поверхности деталей машин.

Предложенная методика фрактального анализа профиля с применением установки MarSurf XR 20 и современного программного обеспечения может быть использована для ор-

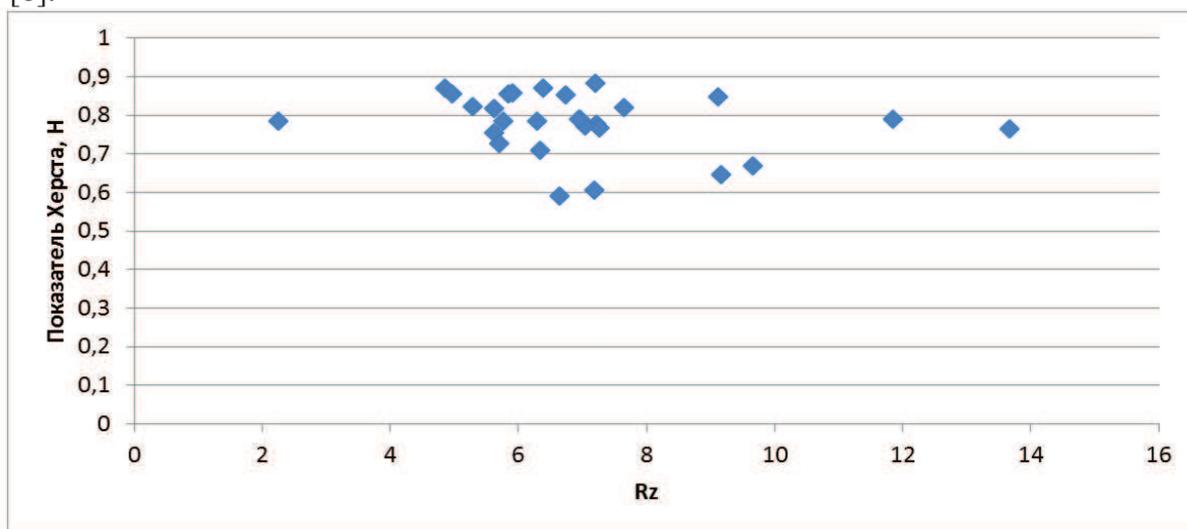


Рисунок 3. Точечный график зависимости параметра Rz и показателя Херста H

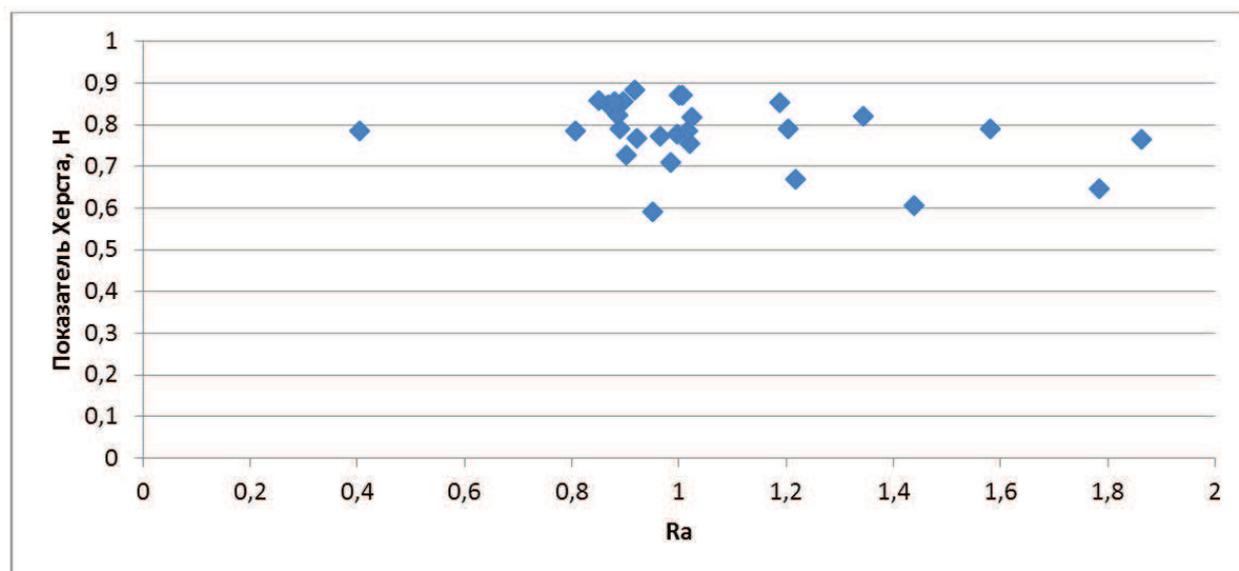


Рисунок 4. Точечный график зависимости параметра Ra и показателя Херста H

Литература

1. Бавыкин О.Б., Вячеслава О.Ф. Современные методы оценки качества поверхностей деталей машин. Учебное пособие / Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация». Москва, 2010.
2. Табенкин А.Н., Тарасов С.Б., Степанов С.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / Под ред. к.т.н. Н.А. Табачниковой. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007, 136 с.
3. Бавыкин О.Б. Взаимосвязь свойств поверхности и ее фрактальной размерности / О.Б. Бавыкин, О.Ф. Вячеслава // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 2. № 1 (15). С. 14-18.
4. Бавыкин О.Б. 77-48211/596023 устройство для измерений фрактальной размерности поверхностного слоя // Инженерный вестник. 2013. № 06. С. 3.
5. Бавыкин О.Б. Методы оценки фрактальной размерности поверхностного слоя // Мир измерений. 2014. № 2. С. 16-20.

6. Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю., Остапчук А.К. Определение фрактальной размерности временного ряда при помощи показателя Херста v1.0: свидетельство об отраслевой регистрации разработки №11373 / - № 50200801858; заявл. 11.09.2008; опубл. 11.09.2008; Инновации в науке и образовании № 9(44). 6 с.
7. Бавыкин О.Б., Плаксин С.В. Опыт применения в учебном процессе прибора для измерения шероховатости поверхности MarSurf XR 20. Известия МГТУ «МАМИ» № 1(19), 2014, т. 2. С. 413-417
8. Потапов А.А., Бавыкин О.Б. Основы учебного курса «Методы фрактального анализа» // Нелинейный мир. 2014. Т. 12. № 1. С. 004-008.
9. Потапов А.А., Вячеславова О.Ф., Бавыкин О.Б. Параметрическая методика определения наличия фрактальных свойств у электрохимически обработанных поверхностей // Нелинейный мир. 2014. Т. 12. № 3. С. 3-12.
10. http://elibrary.ru/query_results.asp

Исследование напряженно-деформированного состояния элементов привода валков прокатных станов

к.т.н. доц. Ивочкин М.Ю., к.т.н. доц. Гуревич Ю.Я., к.т.н. доц. Димитрюк С.О.
Университет машиностроения, ЗАО «Топ системы»
ivochkin2006@rambler.ru, dimitrukso@mail.ru

Аннотация. В статье проведено исследование напряженно-деформированного состояния шарнира шарового шпинделя прокатного стана с целью определения безопасных режимов работы и нагрузочной способности от угла перекоса.

Ключевые слова: трансмиссия, привод, прокатный стан, шпиндель, шарнир, угол перекоса

Развитие металлургии тонколистового проката требует повышения эффективности использования технологических машин при высоком качестве листа. Элементы привода валков прокатных станов играют существенную роль в обеспечении качества продукции и надежности прокатных станов. При эксплуатации стана 250 на ОАО «Северсталь» (г. Череповец) выявилась следующая особенность трансмиссии привода валков: при увеличенных углах перекоса шарового шпинделя наблюдалось увеличение волнистости листа, а также повышение случаев поломки обоймы шпинделя. Потребовалось определить опасные режимы работы шпинделя и предоставить для инженерных сотрудников простые инструменты, которые позволят принять технические решения и планировать технологические операции. Целью исследований ставилось определение безопасных режимов работы шпинделя прокатного стана по параметру плавности движения и безопасного напряженно-деформированного состояния обоймы шпинделя.

Современное развитие вычислительных средств позволяет исследовать поведение механизмов на основе их электронных аналогов (3D-моделей). Одним из таких инструментов является программный комплекс T-FLEX, который среди прочих содержит в своем составе три необходимых для выполняемых работ модуля: T-FLEXCAD, T-FLEX «Динамика» и T-FLEX «Анализ». Зачастую полученные в подобных системах результаты дают более широкую картину происходящих процессов, чем натурный эксперимент. Это обеспечивает получение большего количества инструментов для оптимизации конструкций и в целом более ясное представление об их состоянии и критических параметрах эксплуатации. Проведение натурального эксперимента позволяет получить «точку достоверности», то есть некоторые возможные для натурального эксперимента результаты. При комплексном подходе к исследованиям стало возможно получать необходимую «точку достоверности» не по результатам специально планируемых экспериментов, а по измеренным параметрам текущих технологических процессов. При типовых исследованиях, когда достоверность модели не вызывает сомнений,