

ЛИТЕРАТУРА

1. Шибанов В. А. Флексография: питания выбору формного материалу // Палітра друку. 1998. № 4. С. 46—48.
2. Техника флексографской печати. Пер. с нем. / Под ред. В. П. Митрофанова. М.: Мир книги, 1997. 202 с.
3. Ляликов К. С., Кирш Ю. Э., Ковалева К. А., Августинович Н. П. Сенситометрия светочувствительных полимеров // Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии. Т. 10. Вып. 3. 1965. С. 200-206.
4. Шашлов Б. А., Шеберстов В. И. Теория фотографических процессов. М.: Мир книги, 1993. 311 с.

УДК 519.72

Т. А. Долгова, доцент; М. К. Яковлев, ст. преподаватель; И. Г. Пиотух, аспирант

ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОФСЕТНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАСТИН

Fractal approach have been used for describing the connection between of offset plates structural parameters and their printing properties.

Построение теории печатных процессов требует детального изучения процессов взаимодействия: печатная форма—краска—офсетное полотно—бумага, что становится возможным при использовании математического моделирования на основе теории фракталов. С этой позиции должны быть описаны свойства всех элементов, участвующих в процессе краскопереноса с целью дальнейшего анализа и предсказания их поведения.

Формные материалы для плоской офсетной печати должны отвечать целому комплексу требований, обеспечивающих устойчивость пробельных и печатающих элементов при печати, в частности, поверхность формной основы предварительно очувствленной пластины должна отвечать следующим требованиям [1]:

- 1) иметь высокую твердость и износостойкость, необходимые для обеспечения тиражестойкости пробельных элементов формы;
- 2) обладать определенной микрогеометрией (шероховатостью) для обеспечения высокой адгезии печатающих элементов формы;
- 3) хорошо смачиваться копировальным раствором, т. е. обеспечивать необходимое сцепление копировального слоя с поверхностью основы пластины.

При построении теории представляется полезным связать все вышеперечисленные особенности технологических свойств печатных форм с такой характеристикой микроструктуры их поверхности, как фрактальная размерность.

Применительно к печатной бумаге была разработана методика и проведены исследования микрогеометрии поверхностных структур, которые экспериментально подтвердили фрактальный характер микроструктуры бумаги. Для различных ее сортов было установлено количественное значение нового структурного параметра — фрактальной топологической размерности. Это позволило получить распределение модулей упругости бумаг, разработать метод расчета распределения прочностных свойств по толщине бумажного листа. Была также определена закономерность в поведении основной диаграммы краскопереноса на ее начальном участке [2, 3].

Использование теории фракталов для изучения поверхности печатных форм требует разработки специальной методики определения фрактальных свойств офсетных пластин. В работе в качестве измерительной процедуры предлагается экспериментальное определение микропрофилей образцов печатных форм.

Конкретная реализация этой методики включает следующие этапы: построение профилограмм для различных типов печатных форм; подготовку профилограмм для последующей математической обработки; автоматизированный расчет показателя фрактальной размерности.

Экспериментальные данные представляют собой оцифрованную профилограмму пластины: координаты точек рельефа, расположенных вдоль прямой линии через одинаковые промежутки. Такое представление исходной информации позволяет затем выбрать характерные участки профилограмм на основе анализа визуальной картины — графика, построенного на ЭВМ с помощью стандартных математических пакетов.

Файлы, содержащие координаты вершин отобранных участков, служат входными данными программы расчета фрактальной размерности.

Фрактальная размерность пропорциональна шероховатости. У идеально гладкой поверхности шероховатость равна нулю, а фрактальная размерность микропрофиля — единице. Шероховатость представляет собой совокупность неровностей поверхности в пределах базовой длины, характеризуется системой показателей, прежде всего средним арифметическим отклонением профиля R_a , высотой неровностей профиля по десяти точкам R_z и др., однако они могут давать ошибочное представление о микроструктуре профиля.

Фрактальная размерность в полной мере описывает микроструктуру поверхности, она характеризует весь исследуемый участок поверхности, а не его определенные точки и позволяет делать объективные выводы относительно исследуемой поверхности. Проблема состоит в том, что фрактальная размерность — величина относительная и зависит от масштаба исследуемой области микропрофиля, однако, если выбрать одинаковые для всех измерений масштабы, можно создать таблицы фрактальных размерностей микропрофилей печатных пластин разных производителей, а по данным этих таблиц вывести математические зависимости различных параметров, влияющих на качество печатной формы, от фрактальной размерности.

Расчет фрактальных размерностей производился по следующей формуле:

$$N = \left(\frac{R}{r_0} \right)^{D_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где N — количество шагов по профилограмме; R — длина базовой линии; r_0 — масштаб или шаг; $D_{\text{пр}}$ — показатель фрактальной размерности микропрофиля.

Очевидно, отношение R/r_0 — это число шагов по прямой, при этом для гладкой поверхности профилограмма близка к прямой и N практически совпадает с R/r_0 .

Для вычисления фрактальной размерности $D_{\text{пр}}$ исследуемый участок профилограммы «проходится» с десятью значениями шага ($r_0^i = r_0^{\min} \cdot i$, $i = \overline{1, 10}$), что аналогично измерению длины контура с помощью циркуля с раствором, равным шагу. Для каждого случая рассчитывается длина профилограммы в шагах N_i .

В соответствии с формулой (1) между $\ln(R/r_0)$ и $\ln(N)$ должна быть линейная зависимость, коэффициент которой и будет искомой величиной $D_{\text{пр}}$. Близость зависимости $\ln(N_i)$ от $\ln(R/r_0^i)$ к прямой подтверждает фрактальный характер исследуемой микроструктуры. Значение фрактальной размерности определяется по методу наименьших квадратов.

Для исследования были взяты образцы печатных форм, изготовленных на офсетных пластинах Virage фирмы Polychrome и Capricorn Gold фирмы Horsell. Расчеты подтвердили фрактальный характер микроструктуры поверхности печатных и пробельных элементов офсетных печатных форм.

Данные о фрактальных размерностях печатных и пробельных элементов печатных форм, изготовленных на офсетных монометаллических пластинах позитивного копирования Virage и Capricorn Gold, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Фрактальная размерность исследуемых образцов печатных форм

Марка пластины	Элемент формы	Фрактальная размерность микропрофиля	Фрактальная размерность поверхности
Capricorn Gold	Пробельный	1.336	2.336
Virage	Пробельный	1.355	2.355
Capricorn Gold	Печатный	1.254	2.254
Virage	Печатный	1.323	2.323

По величине фрактальной размерности можно судить о микроструктуре исследуемых поверхностей офсетных монометаллических пластин и сделать выводы относительно технологических свойств офсетных печатных форм. Действительно, из табл. 1 видно, что фрактальная размерность поверхности пробельного элемента офсетной формы на основе пластины Virage больше, чем при использовании офсетной пластины Capricorn Gold, т. е. подложка офсетной пластины Virage имеет более рельефную структуру. Это значит, что при прочих одинаковых факторах и условиях адгезия копировального слоя к основе офсетной пластины Virage может быть выше адгезии копировального слоя к основе офсетной пластины Capricorn Gold. Соответственно износостойкость печатных элементов формы, изготовленной на основе пластины Virage, может быть несколько выше, чем на пластине Capricorn Gold.

Величина фрактальной размерности формной основы оказывает также влияние на расход копировального раствора при изготовлении офсетных пластин. Поскольку пластины Virage имеют большие углубления по сравнению с пластинами Capricorn Gold, то первые требуют большего расхода копировального слоя. Это, в свою очередь, может привести к увеличению экспозиции и (или) времени проявления. Таким образом, можно сделать следующий вывод: для получения печатной формы пластины Virage требуют большей экспозиции, чем пластины Capricorn Gold.

У печатных элементов форм, изготовленных на офсетных пластинах Virage и Capricorn Gold, наблюдается та же картина, что и у пробельных. Микроструктура рельефней у печатных элементов, полученных на пластинах Virage. Копировальный слой в пластинах Virage наносится на более рельефную подложку. Такая поверхность позволяет легче удалять воздух из зоны контакта между фотоформой и формной пластиной. Воздух хорошо удаляется вакуумной системой копировальной рамы по каналам, представляющим собой углубления в микроструктуре поверхности офсетной пластины.

Следовательно, вероятность полного контакта между фотоформой и формной пластиной больше у офсетных пластин Virage. Печатные элементы копируются здесь более точно, с меньшим искажением. Кроме того, вероятность возникновения «закопировок», следствием чего являются дефекты печатных форм, выражающиеся в уменьшении, а в высоких светах и исчезновении печатных элементов, вообще говоря, намного меньше, чем при копировании фотоформ на офсетные пластины Carigorn Gold.

Таким образом, монометаллические офсетные печатные пластины позитивного копирования Virage в равных условиях могут превосходить аналогичные пластины Carigorn Gold по таким показателям, как износостойкость, качество передачи градации, малая вероятность возникновения «закопировок» на растровых участках формы, что предъявляет менее строгие требования к копирующему и проявочному оборудованию. Однако офсетные пластины Carigorn Gold дешевле, и на изготовление печатной формы с этих пластин, вообще говоря, может быть затрачено меньше времени, чем на изготовление печатных форм с пластин Virage.

Для анализа влияния величины экспозиции, полученной копирующим слоем, на его фрактальную размерность после проявления на него была скопирована сенситометрическая полутоновая шкала СПШ-К и после проявления снята профилограмма участков формы, изготовленной на пластине Virage. Сенситометрическая прозрачная полутоновая шкала СПШ-К представляет собой оптический клин, содержащий 11 полей. Оптическая плотность десяти первых полей составляет 0.15—1.5 Б с шагом — константой клина, равной 0.15 Б, а оптическая плотность одиннадцатого поля равна 2 ± 0.1 Б. Шкала СПШ-К служит для контроля экспозиции в процессе копирования. Согласно технологической инструкции, экспозиция выбрана правильно: если четыре первых поля шкалы на копии вымыты полностью — не содержат копирующего слоя, пятое поле может иметь легкий полутон, поля 6—9 имеют полутон, а остальные поля — плашки.

Профилограммы представляли собой профили первых четырех полей с интервалом оптических плотностей 0.15—0.6 и полей 5—8 шкалы на форме с интервалом оптических плотностей 0.75—1.2. Девятое, десятое и одиннадцатое поля измерению не подвергались, т. к. это практически штриховые элементы.

Результаты математической обработки и расчета фрактальных размерностей копий первых восьми полей сенситометрической шкалы СПШ-К сведены в табл. 2.

Таблица 2

Фрактальная размерность полей сенситометрической шкалы

№ поля	Оптическая плотность поля	Экспозиция, полученная слоем, лкс	Фрактальная размерность микропрофиля	Фрактальная размерность поверхности
1	0.15	$1.27 \cdot 10^6$	1.310	2.310
2	0.30	$9.02 \cdot 10^5$	1.284	2.284
3	0.45	$6.39 \cdot 10^5$	1.284	2.284
4	0.60	$4.52 \cdot 10^5$	1.184	2.184
5	0.75	$3.20 \cdot 10^5$	1.152	2.152
6	0.90	$2.27 \cdot 10^5$	1.048	2.048
7	1.05	$1.60 \cdot 10^5$	1.027	2.027
8	1.20	$1.14 \cdot 10^5$	1.024	2.024

Как показывает анализ табл. 2, с увеличением оптической плотности поля шкалы СПШ-К фрактальная размерность микропрофиля поверхности поля печатной формы уменьшается, т. е. с увеличением экспозиции, полученной слоем, его количество и величина фрактальной размерности поверхности уменьшаются.

На рис. представлена зависимость фрактальной размерности от экспозиции, полученной слоем под шкалой СПШ-К. Она достаточно хорошо аппроксимируется логарифмической зависимостью $D = 0,1388 \ln H + 0,3807$.

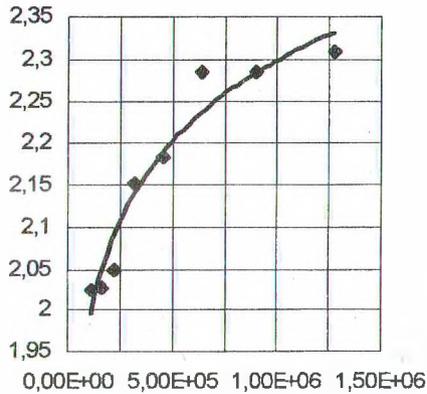


Рис. Зависимость фрактальной размерности от экспозиции

Проведенное исследование подтвердило фрактальный характер рассмотренных процессов и продемонстрировало возможность использования предлагаемого подхода для прогнозирования свойств микроструктуры поверхности офсетных печатных пластин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология изготовления печатных форм / Под ред. В. И. Шеберстова. М.: Книга, 1990. – 224 с.
2. Пиотух И. Г., Кулак М. И., Боброва О. П. Влияние фрактальных особенностей структуры на физико-механические свойства печатной бумаги // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информатики. Вып. 8. Минск, 2000. – С. 73-81.
3. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Взаимосвязь параметров структуры бумаги и давления печатного контакта // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информатики. Вып. 8. Минск, 2000. – С. 82-92.