

М. И. Кулак, профессор; И. Г. Пиотух, аспирант; Д. М. Медяк, студент

МИКРОГЕОМЕТРИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОФСЕТНОГО ПОЛОТНА

Fractal approach has been used for describing the structural properties of surface of offset blade.

Офсетная печать, несмотря на широкое распространение, относится к наиболее сложным способам печати. Ее основная особенность заключается в том, что изображение с печатной формы сначала передается на промежуточную поверхность — офсетное полотно, а затем на бумагу или другой запечатываемый материал.

Использование в качестве печатающей поверхности легко деформируемого офсетного полотна существенно изменило механику печатного контакта, что, в свою очередь, позволило значительно расширить круг печатных материалов, включив в него как традиционные — бумагу, картон в расширенном ассортименте, так и невпитывающие материалы — металлы, пластмассы [1].

Научные основы теории печатных процессов были заложены в работах П.А. Ребиндера, М.П. Воларовича, Л.А. Козаровицкого, К.В. Тира, П. А. Попрядухина [1-3]. Однако необходимо отметить, что, несмотря на широко проведенные экспериментальные исследования структурно-механических свойств печатных материалов и красок, в указанных работах была построена в основном феноменологическая теория печатных процессов. Как признается во многих работах [1-2], зачастую «тонкие особенности» поведения материалов при печатании, обусловленные главным образом стохастической структурой этих материалов, не могли быть описаны в рамках применявшихся в те времена методов. Основная причина такого положения заключалась в отсутствии теоретической базы и методов описания неоднородных стохастических структур.

С появлением и развитием теории фракталов [4] возможности создания структурной статистической теории печатных процессов приобрели реальные очертания. Вместе с тем задача построения такой теории представляет собой серьезный научный проект. Часть программы в определенной мере уже выполнена [5, 6]. В работе [5] методами теории фракталов описаны структурно-механические свойства различных видов печатных бумаг. Процесс проникновения печатной краски в поверхностные слои бумаги рассмотрен в [6]. Настоящая статья совместно с работой [7] призваны логически замкнуть рассмотрение цепочки переноса печатной краски в офсетном способе с печатной формы на запечатываемый материал.

По конструкции офсетное полотно представляет собой двух-, трех- или четырехслойную прорезиненную ткань с односторонним резиновым слоем. Рабочим является верхний резиновый слой. Его толщина для офсетного полотна всех типов составляет не менее 0.5 мм.

Экспериментальные исследования проводились на офсетном полотне фирмы «Гейдельберг», предназначенном для печати на листовых офсетных машинах. Исследовалось новое полотно и полотно после выполнения около 100 тыс. листового прогона. Экспериментальные образцы вырезались из пластины в продольном, по ходу проводки бумаги в печатной машине, направлении и в перпендикулярном, т. е. вдоль образующей офсетного цилиндра. Определение фрактальной размерности поверхности производилось по ее профилограммам, образцы которых приведены на рис.

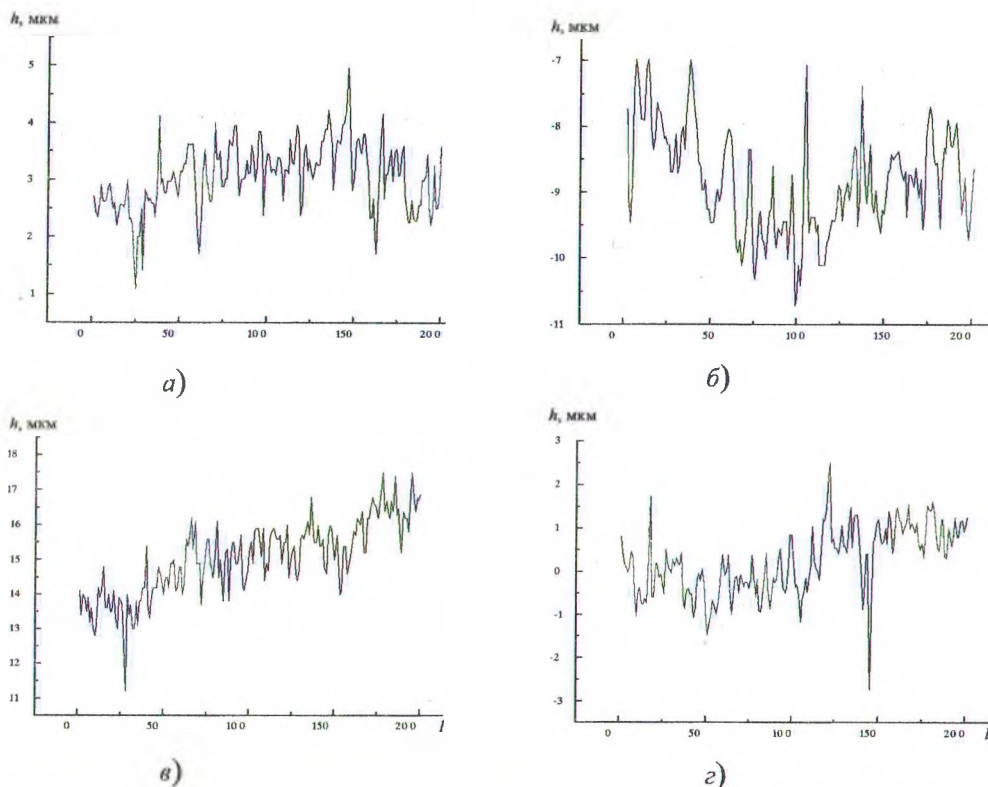


Рис. Профилограммы поверхности офсетного полотна: а) новое полотно в продольном направлении; б) новое полотно в поперечном направлении; в) отработанное полотно в продольном направлении; г) отработанное полотно в поперечном направлении

Профилограммы строились с помощью профилометра ME-10. Прибор позволяет выполнить оцифровывание профилей и записать данные во внешний файл в текстовом формате. Наиболее характерные фрагменты профилограмм приведены на рис. Один шаг на профилограмме соответствует 5 мкм на реальном образце. Высота микронеровностей измерялась в микронах.

Результаты экспериментального исследования на рис. свидетельствуют о том, что поверхность офсетного полотна является шероховатой, со стохастическим распределением неровностей. В целом данные на рис. подтверждают известные из технологической литературы [3] сведения, что шероховатость полотна составляет величину порядка $R_a \approx 0.4\text{—}1.0$ мкм. В качестве характеристики шероховатости R_a используется среднее арифметическое отклонение профиля неровностей [3].

Если сопоставить между собой профилограммы на рис. а и б, то сложно сказать, имеет ли поверхность полотна различия в продольном и поперечном направлениях, т. е. имеет ли место анизотропия поверхности. Точно также трудно уловимы различия между новым и отработанным полотном. Вместе с тем в процессе печатания полотно непрерывно подвергается механическим и химическим воздействиям, что сказывается на состоянии поверхности. Указанием на изменение поверхности являются средние квадратические значения профиля, вычисленные по данным профилограмм и приведенные в таблице.

Фрактальная размерность образцов поверхности офсетного полотна

Образцы полотна	Среднее квадратиче- ское профили, мкм	Фрактальная размерность D_{H-B}	Фрактальная размерность D_{RS}	Размерность поверхности D_S
Новое полотно в продольном () на- правлении	0.607	1.366	1.641	2.366
Новое полотно в поперечном (⊥) на- правлении	0.724	1.329	1.651	2.329
Отработанное по- лотно, , образец 1	1.600	1.429	1.682	2.429
Отработанное по- лотно, , образец 2	2.170	1.417	1.673	2.417
Отработанное по- лотно, ⊥, образец 1	0.546	1.355	1.613	2.355
Отработанное по- лотно, ⊥, образец 2	0.614	1.374	1.667	2.374

В настоящее время в теории фракталов сложились два метода экспериментального определения фрактальной размерности различных объектов, в том числе поверхностей [4]. Первый из них базируется на предложенном Б. Мандельбротом определении фракталов: «Фракталом называется множество, размерность Хаусдорфа–Базикевича (D) которого строго больше его топологической размерности (D_1)».

Размерность Хаусдорфа–Базикевича множества S есть критическая размерность, при которой мера M_d изменяет свое значение с нуля на бесконечность:

$$M_d = \sum \gamma(d) \delta^d = \gamma(d) N(\delta) \delta^d \xrightarrow{\delta \rightarrow 0} \begin{cases} 0 & \text{при } d > D; \\ \infty & \text{при } d < D. \end{cases} \quad (1)$$

При практическом определении меры M_d или d -меры множества точек S в пространстве используют пробную функцию $\mu(\delta) = \gamma(d) \delta^d$ — отрезок прямой длиной δ , квадрат размером $\delta \times \delta$, шар диаметром δ или куб с ребром δ — и покрывают множество, образуя меру $M_d = \sum \mu(\delta)$. Для прямолинейных отрезков, квадратов и кубов геометрический коэффициент $\gamma(d) = 1$, для сфер $\gamma = \pi/6$.

Число отрезков, необходимых для покрытия фрактальной кривой $N(\delta)$, можно находить, последовательно уменьшая δ . В соответствии с (1), асимптотически, в пределе при малых δ получим

$$N(\delta) = \delta^{-D}. \quad (2)$$

Обычно δ представляет собой некоторую долю n единичного отрезка [4], например, при построении наиболее известной фрактальной кривой — триадной кривой Кох — $n = 3$. Таким образом, можно записать

$$\delta_e = \frac{1}{n}. \quad (3)$$

Индекс δ в формуле (3) означает, что в качестве базовой линии используется единичный отрезок. Однако при обработке реальных фрактальных объектов, и в частности, профилограмм, в качестве базовой линии необходимо выбирать наиболее характерный участок профилограммы длиной B . В этом случае (3) представляется в следующем виде:

$$\delta = \frac{B}{n}. \quad (4)$$

Далее (4) можно преобразовать:

$$\frac{\delta}{B} = \frac{1}{n}. \quad (5)$$

Приравняв (3) и (5), получим

$$\delta_e = \frac{\delta}{B}. \quad (6)$$

Если выбрать в качестве пробной функции $p(\delta_e) = \delta_e^d$, то с учетом (2) получим d -меру:

$$M_d = \sum h(\delta_e) = N(\delta_e) p(\delta_e) = \delta_e^{-D} \delta_e^d. \quad (7)$$

Мера M_d остается конечной и равна единице только в том случае, если размерность d , входящая в пробную функцию $p(\delta)$, равна D . Таким образом, критическая размерность, а следовательно, размерность Хаусдорфа–Базикевича для фрактальных кри- вых, может быть найдена в соответствии с (6) и (7) из следующего выражения:

$$N(\delta) \left(\frac{\delta}{B} \right)^D = 1. \quad (8)$$

Формулу (8) удобно представить в более простом виде:

$$N(\delta) = \left(\frac{B}{\delta} \right)^D. \quad (9)$$

Результаты расчетов фрактальной размерности профилограмм по формуле (9) приведены в третьей колонке таблицы. Вычисления проводились с помощью программы «F-DIM» [7].

Вместе с тем необходимо отметить, что все же чаще для исследования фрактальной структуры поверхностей используется иной подход [4]. Этот метод называется методом нормированного размаха или R - S -методом. Первоначально он был построен Херстом для анализа фрактальных временных рядов, но впоследствии стал широко применяться и для исследования фрактальных поверхностей.

Суть метода состоит в том, что нормированный на среднее квадратическое отклонение S размах шероховатостей R очень хорошо описывается эмпирическим соотношением

$$R / S = (\tau / 2)^H. \quad (10)$$

Показатель Херста H , в свою очередь, связан с фрактальной размерностью микропрофиля:

$$D = 3 - H. \quad (11)$$

Явное выражение для R имеет вид

$$R(\tau) = \max_{1 \leq l \leq \tau} h(l, \tau) - \min_{1 \leq l \leq \tau} h(l, \tau), \quad (12)$$

где l — текущий шаг на профилограмме, принимающий целочисленные значения, а τ — полное рассматриваемое количество шагов.

Результаты расчета фрактальной размерности микропрофилей по формулам (10) и (11) приведены в четвертой колонке таблицы. Для того чтобы отличать фрактальные размерности, полученные разными методами, друг от друга, в таблице размерность Хаусдорфа–Базиковича обозначена символом D_{H-B} , а фрактальная размерность, вычисленная по методу Херста, — D_{R-S} . Фрактальная размерность поверхности вычислялась по полученной в [5] формуле

$$D_S = D_{H-B} + 1.$$

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют, что метод Херста дает несколько завышенные значения D . Недостатком этого метода является также пониженная «чувствительность» к изменениям состояния поверхности полотна в процессе печатания. Фрактальная размерность, полученная по методу Хаусдорфа–Базиковича, больше подходит для такого анализа.

По результатам исследований можно заключить, что поверхность нового полотна одинакова в продольном и поперечном направлениях. Однако в процессе печатания износ поверхности в указанных направлениях проходит по-разному.

Циклические механические напряжения в зоне печатного контакта действуют в основном в продольном направлении. В результате в полотне появляются микротрещины. В совокупности механическое и химическое воздействия приводят к тому, что поверхность становится более развитой. Изменение D в продольном направлении составило 4.2%.

В поперечном направлении изменение фрактальной размерности поверхности не столь существенно и составляет 2.6%. Оно обусловлено главным образом химическим воздействием на поверхность полотна. Ошибка эксперимента составила 0.4% в поперечном и 0.6% в продольном направлениях.

В целом полученные результаты свидетельствуют о возможности применения теории фракталов к исследованию изменений микрогеометрии поверхности офсетного полотна при его эксплуатации в печатных процессах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попрядухин П. А. Технология печатных процессов. М.: Книга, 1968. - 360 с.
2. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания. М.: Книга, 1965. - 367 с.
3. Никанчикова Е. А., Попова А. Л. Технология офсетного производства. Часть II. Печатные процессы. М.: Книга, 1980. - 288 с.
4. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991. - 254 с.

5. 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.

6. 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.

7. Долгова Т. А., Яковлев М. К., Пиотух И. Г. Фрактальные свойства микро-структуры поверхности офсетных печатных пластин // Труды БГТУ. Сер. физ.-мат. наук и информатики. – Вып. 9. Минск, 2001.

УДК 519.72

Т. А. Долгова, доцент; М. К. Яковлев, ст. преподаватель

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОПИРОВАЛЬНЫХ СЛОЕВ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИН

Measuring and forecasting of sensitometric properties of flexographic plates' photopolymer layers.

В настоящее время флексография, как разновидность высокой печати, является одной из самых передовых и быстро развивающихся технологий. Высокое качество флексопечати на самых разнообразных материалах обусловило ее широкое применение при производстве различной полиграфической продукции. Качество получаемого печатного оттиска напрямую связано с такими характеристиками флексографской печатной формы, как соблюдение размеров печатающих элементов, необходимая глубина пробельных элементов и тиражестойкость. Для изготовления печатных форм в настоящее время широко используются фотополимерные пластины, сенситометрические характеристики копировальных слоев которых являются определяющими для выбора параметров технологического процесса изготовления печатной формы.

На рынке полиграфических материалов представлены фотополимерные пластины различных фирм-изготовителей, наиболее распространенные из которых — пластины Nyloflex фирмы BASF, Cyrel* фирмы Du Pont и др. [1]. Одна из основных технологий изготовления форм флексографской печати на пластинах Cyrel* включает шесть основных операций, четыре из них — это операции экспонирования, которые в хронологическом порядке представляют собой экспонирование оборотной стороны, основное, финишинг и дополнительное [2]. Остальные операции — вымывание и сушка — выполняют после основного экспонирования за фотоформой.

К главным параметрам формного процесса, определяющим печатно-технические и репродукционно-графические свойства формы, можно отнести время экспонирования оборотной стороны пластины (оборотное экспонирование), время основного экспонирования и время вымывания. Неверное их определение приводит к резкому ухудшению качества получаемой печатной формы. Кроме того, свойства фотополимерных пластин во многом зависят от параметров процесса их производства на заводе-изготовителе и могут изменяться в зависимости от условий хранения. Поэтому для каждой новой партии пластин, а также при хранении их по истечении трех месяцев необходимо заново определять продолжительность указанных операций.