

УДК 655.3

Медяк Д. М., аспирант

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ  
ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Standard parameters exist for an estimation of a roughness of a surface. They reflect high-altitude and step-by-step characteristics of a surface structure. The fraktal parameter can be used for an estimation of a roughness. It is used also in the theory of printing processes while standard parameters allow to estimate various kinds of surfaces only.

Практически все поверхности реальных материалов обладают определенной степенью шероховатости. Заданный уровень неравномерности микроповерхности является обязательным условием для протекания многих технологических процессов. В офсетной технологии печати изображение создается посредством переноса краски с печатной формы на офсетное полотно, с офсетного полотна на запечатываемый материал. Качество конечного результата определяется структурой всех трех взаимодействующих в процессе печати поверхностей.

Шероховатость рабочих поверхностей печатного контакта является объектом исследования современной теории процесса печати и краскопереноса. Параметры и характеристики шероховатости поверхности регламентируются действующим государственным стандартом ГОСТ 2789-73 [1]. Требования к шероховатости поверхности устанавливают указанием параметра шероховатости (одного или нескольких) из перечня, приведенного в данном стандарте исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий:  $R_a$  — среднее арифметическое отклонение профиля;  $R_z$  — высота неровностей профиля по десяти точкам;  $R_{max}$  — наибольшая высота профиля;  $S_m$  — средний шаг неровностей;  $S$  — средний шаг местных выступов профиля;  $t_p$  — относительная опорная длина профиля, где  $p$  — значение уровня сечения профиля [1].

**Офсетное полотно.** Свойства офсетного резинотканевого полотна во многом определяют

переход краски с печатной формы на запечатываемый материал. Поверхность резины полотна не должна быть ни чрезмерно шероховатой, ни чрезмерно гладкой. Резинотканевые пластины, обладающие достаточной и необходимой степенью шероховатости, обеспечивают легкое отделение листа запечатываемого материала от поверхности полотна в процессе печатания, хорошую пропечатку растровых изображений и равномерных плашек. Этот эффект закладывается в процессе изготовления резинотканевых полотен путем введения в поверхностный слой специальных добавок и на стадии шлифования рабочей поверхности полотна [3].

В рекламных проспектах по офсетным полотнам шероховатость поверхности указывают как среднюю высоту микронеровностей или среднее арифметическое отклонение профиля —  $R_a$  в мкм. Показатель  $R_a$  характеризует высотные свойства профиля поверхности и является обобщающей суммарной характеристикой. Показатель фрактальной размерности  $D$  микропрофиля отражает принципиально иную характеристику поверхности — дробную размерность пространства, образуемую данным профилем. Определяется он через отношение натурального логарифма количества шагов по профилограмме к натуральному логарифму количества шагов по прямой, равной длине проекции кривой [4]. Результаты расчета показателей, регламентируемых ГОСТ 2789-73, и фрактальной размерности  $D$ , рассчитанные для офсетных полотен различных марок, сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры офсетных полотен**

Фирма-производитель	Марка образца	$D$	$R_a$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_{max}$ , мкм	$S_m$ , мкм	$S$ , мкм	$t_p$ , %
	Unterlagtuch	1,379	5,649	23,162	32,761	128,57	42,86	18,89
Frithjof	FTC-Airprint-news	1,393	7,471	25,560	42,913	100,00	69,23	23,33
Tutzschke	FTC-Ruby-UV	1,467	2,684	11,005	18,403	107,50	50,59	29,07
	FTC-Crystal	1,520	1,157	5,345	8,158	80,00	73,33	22,73
	3 PLY Compress	1,439	0,393	2,041	4,662	88,00	48,89	11,36
Heidelberg	4 PLY Compress	1,460	0,341	1,841	3,188	62,00	46,50	21,51
	4-слойное, 3610	1,573	0,649	3,167	3,965	73,85	64,00	20,83

## Корреляционные зависимости офсетных полотен

Параметр	Коэффициент корреляции	Уравнение корреляции	Среднеквадратичное отклонение
$R_a$	-0,714	$1,506 - 0,017x$	0,044
$R_z$	-0,722	$1,512 - 0,00487x$	0,044
$R_{max}$	-0,730	$1,513 - 0,00314x$	0,043
$S_m$	-0,660	$1,645 - 0,00200x$	0,047
$S$	0,450	$0,000341x^2 + 0,042x + 0,206$	0,051
$t_p$	0,163	$1/(-0,00099x + 0,706)$	0,062

Из анализа значений табл. 2 очевидно, что показатель фрактальной размерности и такие показатели, как  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ , имеют линейную корреляцию, причем наблюдается обратная линейная зависимость. Возрастанию показателя фрактальной размерности соответствует снижение значений всех высотных показателей профиля и одного шагового показателя. Данный факт показывает разницу учета высотных и пространственных характеристик. Для описания взаимосвязи со средним шагом местных выступов профиля больше подходит параболическое уравнение, для относительной опорной длины профиля — гиперболическое, что свидетельствует о более сложном характере зависимости.

Анализ износа офсетных полотен (табл. 3) демонстрирует возрастание показателей  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$  и снижение  $S$  и  $t_p$  при росте фрактальной размерности в результате износа офсетного полотна в случае исследования продольного направления. При исследовании поперечного направления наблюдается незначительное возрастание фрактальной размерности, рост значений показателей  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $t_p$  и снижение  $R_a$ ,  $S_m$ , изменение показателя  $S$  неодинаково. Очевидно, поверхность офсетного полотна в продольном направлении имеет более равномерный, «устойчивый» характер,

чем в поперечном направлении. Возрастание значений  $D$ ,  $R_a$  и  $R_z$  в продольном направлении свидетельствует о росте как высотных характеристик профиля, так и порядка микронеровностей, образовавшихся в результате выработки офсетного полотна: микротрещин, налипших частиц и т. д. Снижение значений  $R_a$  после выработки полотна в поперечном направлении доказывает сглаживание, забывание поверхности офсетного полотна, а возрастание фрактальной размерности свидетельствует об общем изменении характера поверхности, а именно уменьшении порядка микронеровностей. Данный анализ подтверждает сделанные ранее выводы по износу офсетных полотен [5].

**Бумага.** Гладкость бумаги — одно из ее важнейших печатных свойств. От характера поверхности бумаги зависит полнота ее прилегания к офсетному полотну и равномерность перехода краски на бумагу в процессе печати. Структура поверхности бумаги зависит от ее микроструктуры: размеров, сочетания, распределения и свойств всех элементов, входящих в композицию, образующих на поверхности микровыступы и микровпадины различного размера. Гладкость бумаги устанавливают, исходя из используемого метода исследования.

Таблица 3

## Параметры офсетного полотна Heidelberg 3 PLY Compress и мелованных бумаг

Образцы	$D$	$R_a$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_{max}$ , мкм	$S_m$ , мкм	$S$ , мкм	$t_p$ , %
офсетного полотна							
Новое полотно в продольном направлении	2,366	0,339	2,564	3,271	77,50	43,59	29,03
Отработанное полотно (образец 1)	2,429	0,989	3,541	6,499	231,67	35,64	26,62
Отработанное полотно (образец 2)	2,417	0,710	4,152	7,849	141,00	38,11	30,14
Новое полотно в поперечном направлении	2,329	0,535	2,777	3,747	134,74	44,91	11,33
Отработанное полотно (образец 1)	2,355	0,439	2,899	3,954	85,13	41,50	18,07
Отработанное полотно (образец 2)	2,374	0,348	3,433	5,832	90,40	48,09	19,47
мелованных бумаг							
Magnostar, 135 г/м <sup>2</sup>	1,244	0,386	1,231	2,570	192,22	48,06	26,01
Кум Ex Cote, 130 г/м <sup>2</sup>	1,298	0,391	1,889	3,520	218,33	65,50	22,90
Magnomatt Satin, 135 г/м <sup>2</sup>	1,338	0,578	2,619	4,244	184,00	43,81	20,11
Bereg Top Gloss, 80 г/м <sup>2</sup>	1,362	0,681	4,110	6,639	150,00	66,67	23,33
Кум Ex Cote Matt, 150 г/м <sup>2</sup>	1,453	1,343	5,139	9,807	368,00	76,67	20,11
Bereg Top Silk, 130 г/м <sup>2</sup>	1,469	1,366	5,992	8,899	176,00	40,00	16,48

Корреляционные зависимости мелованных бумаг

Параметр	Коэффициент корреляции	Уравнение корреляции	Среднеквадратичное отклонение
$R_a$	0,964	$1,213 + 0,187x$	0,021
$R_z$	0,978	$1,202 + 0,045x$	0,017
$R_{max}$	0,969	$1,191 + 0,028x$	0,020
$S_m$	0,378	$1/(-0,0002225x + 0,785)$	0,074
$S$	0,123	$0,00059x^2 - 0,067x + 3,172$	0,039
$t_p$	-0,865	$1,852 - 0,023x$	0,040

В качестве косвенной характеристики, позволяющей оценивать структурную гладкость поверхности бумаги, используют скорость прохождения воздуха над поверхностью бумаги. Однако пневматическому методу свойственен ряд недостатков: на показания приборов больше влияет наличие нескольких больших углублений, чем мелких такой же общей площади; давление и влажность, при которых проводится испытание. Данная величина не определяется стандартом шероховатости, так как поверхность бумажного листа не является нормируемой, но показатели ГОСТа могут применяться в исследовательских целях.

Способ непосредственного определения гладкости заключается в установлении неровностей поверхности путем применения особого анализатора. В результате получают профилограммы, которые характеризуют микрорельеф поверхности бумаги. Наиболее распространены профилографы Браша и ИЗП-17. Анализатор поверхности Браша увеличивает и фиксирует контур бумаги, указывая среднее отклонение между высокими и низкими участками бумаги [6], что соответствует расчетной величине  $R_a$ . Кроме того, по полученной профилограмме можно определить другие параметры, характеризующие шероховатые поверхности. Следует отметить, что значения параметров  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$ ,  $t_p$ , определенные для различных видов мелованных бумаг и приведенные в табл. 3, демонстрируют принципиально иной характер зависимостей, чем для офсетных полотен. При возрастании значений фрактальной размерности происходит линейное увеличение значений  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  и

снижение значений  $t_p$  для соответствующих марок бумаг. Корреляционные зависимости приведены в табл. 4.

Следует отметить, что для высотных показателей  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  в случае мелованной бумаги наблюдается прямая линейная зависимость, а в случае офсетных полотен — обратная. Данный факт свидетельствует об ином структурном характере поверхности офсетного полотна. При получении рабочей поверхности офсетной резинотканевой пластины ее подвергают шлифовке и специальной обработке с целью получения нерегулярной шероховатости. Для этой цели применяют введение наполнителей в бумажную массу и используют каландрирование. По сути в этих двух случаях совершаются взаимообратные процессы. В первом — искусственно создается шероховатая поверхность (офсетное полотно), во втором — снижается естественная шероховатость (бумага).

**Печатные формы.** Для первого звена печатного процесса, печатной формы, шероховатость поверхности пробельных (т. е. формной основы) и печатных (копировального слоя) элементов также одна из важнейших характеристик.

При изготовлении монометаллической печатной пластины используют алюминиевую основу, на поверхности которой зернением последовательно создают три типа микронеровностей — крупные, средние и мелкие. Крупное зерно обеспечивает качественное воспроизведение полутонов и хорошее восприятие увлажняющего раствора; среднее отвечает за тиражестойкость получаемых печатных форм; баланс «краска-вода» и износостойкость поверхности формы достигаются благодаря мелкому зерну (рис. 1) [2].

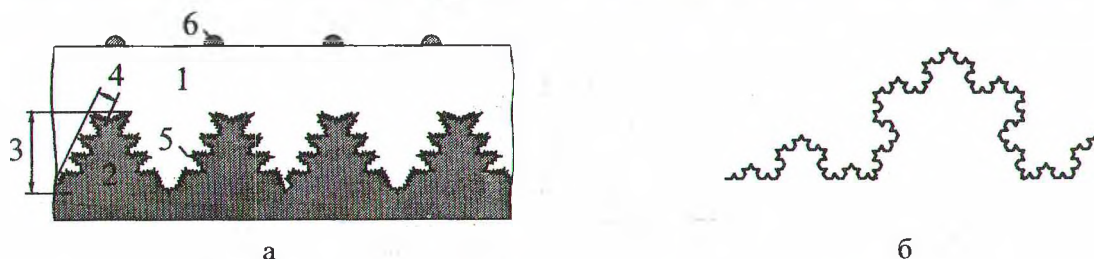


Рис. 1. Профиль: а — срез поверхности формной пластины с многоуровневым зернением (1 — светочувствительный слой; 2 — алюминиевая основа; 3 — крупное зерно; 4 — среднее зерно; 5 — мелкое зерно; 6 — микрочастицы, создающие шероховатость поверхности копировального слоя); б — триадной кривой Кох четвертого поколения

Параметры печатных форм

Марка пластины	Элемент формы	$D$	$R_a$ , мкм	$R_z$ , мкм	$R_{max}$ , мкм	$S_m$ , мкм	$S$ , мкм	$t_p$ , %
Capricorn Gold (Horsell)	печатный	1,254	0,072	0,286	0,395	7,727	4,048	20,00
	пробельный	1,336	0,067	0,305	0,347	4,579	3,346	19,54
Virage (Polichrome)	печатный	1,323	0,029	0,154	0,198	5,462	3,550	22,54
	пробельный	1,355	0,085	0,370	0,426	5,158	3,630	20,41

Кроме того, шероховатая поверхность алюминиевой основы обеспечивает адгезию к ней копируемого слоя. Для создания шероховатости на поверхности печатных элементов в состав копируемого слоя вводят нерастворимые микрочастицы, которые способствуют выходу воздуха при вакуумировании в копирующей раме перед экспонированием и обеспечивают адгезию печатной краски.

Шероховатость печатных пластин характеризуется тремя параметрами — среднеарифметическим отклонением профиля  $R_a$ , высотой микронеровностей  $R_z$  и коэффициентом шероховатости  $K_{ш}$ . В справочной литературе и рекламных проспектах обычно приводится параметр  $R_a$ .

Следует отметить, что профиль поверхности офсетной печатной пластины имеет определенное сходство с регулярным фракталом — триадной кривой Кох (рис. 2), вследствие того, что процесс создания шероховатости на поверхности по сути аналогичен построению фрактальной кривой: создание микронеровностей более высокого порядка на поверхности микронеровностей более низкого порядка. Кривая Кох строится по принципу замены каждого прямолинейного звена в кривой низшего поколения на уменьшенную кривую этого же поколения [4].

Схожесть механизма образования и получаемого профиля обуславливает целесообразность оценки уровня шероховатости поверхности печатных форм с помощью показателя фрактальной размерности как адекватного отражения свойств поверхности. Результаты сравнения оценки шероховатости поверхности печатных форм двух фирм-производителей представлены в табл. 5.

Сравнивая значения показателей для печатных элементов обеих печатных форм, следует отметить, что прямому соотношению значений фрактальной размерности соответствует прямое соотношение  $t_p$  и обратное —  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$ , т. е. структура поверхности печатных элементов печатной формы перекликается до некоторой степени со структурой поверхности офсетного полотна. Для пробельных элементов наблюдается обратная картина: росту фрактальной размерности соответствует рост всех шести показателей шероховатости ГОСТ, что аналогично ситуации,

наблюдаемой на мелованной бумаге. Данный факт свидетельствует о схожести поверхностных структур различных материалов в результате сходного механизма образования структуры поверхности.

Анализ параметров шероховатости, предлагаемых ГОСТ 2789-73, и используемых для оценки в печатных процессах, показал, что между ними существует определенная взаимная корреляция. Однако высотные и шаговые характеристики шероховатости дают усредненные значения отдельных параметров профиля поверхности, которые могут использоваться только для сравнения поверхностных характеристик печатных материалов: печатных пластин (пробельной основы, печатных элементов), офсетных полотен, различных видов бумаг, но не могут в достаточной степени учитывать микрогеометрию исследуемых поверхностей с целью последующего расчета параметров печатного процесса.

Показатель фрактальной размерности, отражая дробную топологическую размерность исследуемого профиля, может входить как поверхностная характеристика в формулы для определения объемов краски, содержащейся в микронеровностях печатных поверхностей, что обеспечивает прямой учет характеристики исследуемой поверхности в расчетных положениях теории печатных процессов.

#### Литература

- ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 10 с.
- Марогулова Н. Н., Стефанов С. И. Расходные материалы для офсетной печати. — М.: Русский университет, 2002. — 240 с.
- Мюллер П. Офсетная печать: проблемы практического использования. — М.: Книга, 1988. — 288 с.
- Федер Е. Фракталы. — М.: Мир, 1991. — 254 с.
- Кулак М. И., Пиотух И. Г., Медяк Д. М. Микрогеометрия фрактальной поверхности офсетного полотна // Труды БГТУ. Физ.-мат. науки и информатика. — Мн., 2001, вып. IX. — С. 87–92.
- Джемс П. Кейси. Свойства бумаги и ее переработка. — М.: Гослесбумиздат, 1960. — 652 с.