

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОД КРАСКИ

Influence of heterogeneity of structure of surfaces of printed contact on distribution of pressure and the charge of a paint, taking into account geometry of printed contact is discussed. The influence of non-uniform character of deformation of the cylinder with an elastic tire cover on change of pressure on length of a strip of contact are analyzed.

Под действием давления краска с формы переходит на запечатываемый материал, т. е. происходит собственно процесс печатания, в котором можно выделить две стадии: 1) смачивание и адгезионное взаимодействие краски и запечатываемого материала; 2) расщепление первичного слоя на два, один из которых переходит на запечатываемый материал, а другой остается на форме.

В связи с неизбежными погрешностями изготовления и монтажа печатных форм, цилиндров и их опор, а также необходимостью создания давления для осуществления процесса печатания один из цилиндров печатного аппарата должен иметь эластичную, деформируемую покрывку. Такая покрывка компенсирует наведенные погрешности, обеспечивая необходимое давление по всей контактной зоне взаимодействия цилиндров.

Для получения меньших суммарных усилий при одном и том же необходимом давлении печати и уменьшения скольжения в печатной зоне и энергоемкости печатного аппарата ширина полосы печатного контакта должна быть возможно меньшей. Зависимость ее от различных параметров печатного аппарата, распределение давления по площади печатного контакта, суммарные нагрузки в аппарате и методы стабилизации условий печатного контакта, обеспечивающие качественную печать, необходимо знать как для правильной эксплуатации печатного аппарата, так и для его расчета при проектировании [1].

Как известно, различают два принципиально отличных друг от друга метода печатания: 1) краска с печатной формы передается непосредственно на бумагу; 2) краска с печатной формы сначала передается на какую-либо промежуточную поверхность, а с нее — на бумагу.

Однако и в первом (высокая, глубокая печать) и во втором (плоская офсетная) способах для печатания используется пара цилиндров, один из которых — жесткий, а второй — обязательно цилиндр с эластичной оболочкой или подложкой. Это требование выдвигается для компенсации неровностей бумаги, а также уменьшения удельного давления, необходимого для получения оттисков. Кроме того,

посредством этого могут быть компенсированы неточности формы, так же как и неточности изготовления печатной машины.

Таким образом, в машинах глубокой и высокой печати формный цилиндр является жестким, а печатный цилиндр имеет эластичную подложку. В машинах же офсетной печати между формным и печатным цилиндрами находится офсетный цилиндр, обтянутый резиновым полотном, которое и передает краску с формы на бумагу, прижимаемую жестким печатным цилиндром.

В существующих подходах по изучению распределения давления по ширине полосы контакта, а также изучению ее ширины от диаметров цилиндров и жесткости декеля во внимание принимают только влияние геометрии [1], а такие факторы, как структура печатающих поверхностей и запечатываемого материала, не учитываются. Целью данной работы является изучение влияния неоднородности структуры поверхностей печатного контакта на распределение давления и расход краски, учитывая геометрию печатного контакта. Рассматривается неоднородный характер деформации более эластичного цилиндра, следствием чего является изменение давления по длине полосы контакта и, соответственно, перераспределение расхода краски.

Печатный аппарат является важнейшим узлом печатной машины, от схемы построения и конструкции которого существенно зависит компоновка узлов всей машины, а также многие технологические параметры. Схема контактной печатной зоны, а именно ширина b полосы печатного контакта, в произвольном поперечном сечении цилиндров в момент их взаимодействия представлена на рис. 1.

Рассмотрим геометрию площадки контакта. Для расчета геометрических параметров площадки воспользуемся тем, что межосевое расстояние O_1O_2 равно

$$O_1O_2 = R_1 + R_2 - \lambda_{\max}, \quad (1)$$

где $\lambda_{\max}$ — максимальная деформация декеля.

Аналогично для произвольного сечения y можно записать

$$O_1O_2 = O_1F + O_2C - \lambda_x. \quad (2)$$

Тогда формула для вычисления деформации в произвольный момент времени примет вид

$$\lambda_x = O_1 F + O_2 C - O_1 O_2 = \sqrt{R_1^2 - y^2} + \sqrt{R_2^2 - y^2} - O_1 O_2. \quad (3)$$

Приближенную формулу для подкоренного выражения из (3) можно получить разложением исходного выражения в ряд при использовании лишь первых двух членов этого ряда:

$$\sqrt{R_i^2 - y^2} \approx R_i - \frac{y^2}{2R_i}, \quad (4)$$

где R_i — радиусы жесткого цилиндра и цилиндра с эластичным покрытием; y — координата точки A .

Так как $y \ll R_i$, то погрешность от такого приближения не превышает 0,1% [1]. Тогда с учетом (4) можно записать:

$$\lambda_x \approx R_1 - \frac{y^2}{2R_1} + R_2 - \frac{y^2}{2R_2} - R_1 - R_2 + \lambda_{\max} = \lambda_{\max} - \frac{y^2}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (5)$$

С другой стороны,

$$\begin{aligned} O_1 O_2 &= \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2} + \sqrt{R_2^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2} \approx \\ &\approx R_1 - \frac{b^2}{8R_1} + R_2 - \frac{b^2}{8R_2} = \\ &= R_1 + R_2 - \frac{b^2}{8} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \end{aligned} \quad (6)$$

где b — ширина полосы контакта.

С учетом (1) найдем

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{8\lambda_{\max}}{b^2}. \quad (7)$$

Подставляя этот результат в выражение для λ_x , найдем закономерность изменения абсолютной деформации декеля по ширине полосы контакта:

$$\lambda_x = \lambda_{\max} \left(1 - \frac{4y^2}{b^2} \right). \quad (8)$$

В дифференциальной форме выражение (8) будет иметь вид

$$d\lambda = -8\lambda_{\max} \frac{y}{b^2} dy. \quad (9)$$

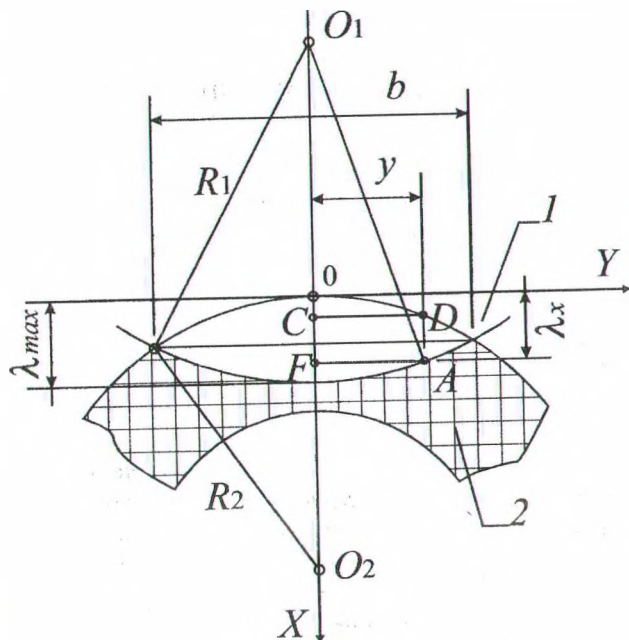


Рис. 1. Схема деформации упругой покрышки цилиндра: 1 — жесткий цилиндр; 2 — цилиндр с эластичной оболочкой; $R_{1,2}$ — радиусы жесткого и цилиндра с эластичной оболочкой

Формула для вычисления зависимости напряжения от деформации, выведенная в [2], имеет вид

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{1}{\lambda_0} \int_{\lambda_0}^{\lambda} E(\lambda) d\lambda, \quad (10)$$

где $E(\lambda)$ — модуль упругости.

Формула (10) позволяет найти закон распределения напряжений в приповерхностных слоях листа бумаги. Зависимость напряжения от деформации для бумаги различных видов имеет нелинейный характер, что обусловлено сильной неоднородностью модулей упругости [3, 4]. Формула (10) справедлива для однослойного материала, когда модуль упругости зависит от глубины вдавливания прямолинейного (в сечении) штампа. Реально такая ситуация может встретиться, когда декедь представлен одним слоем.

Зная выражение для деформации в дифференциальной форме [2] и используя (9), получим формулу для расчета относительной деформации, которая будет учитывать цилиндрическую форму поверхностей в зоне контакта:

$$d\epsilon = \frac{d\lambda}{\delta_d} = -\frac{8\lambda_{\max}}{b^2 \delta_d} y dy. \quad (11)$$

где δ_d — толщина декедя.

В соответствии с (11), дифференциальная форма формулы для расчета напряжения от деформации (10) будет выглядеть так:

$$d\sigma = -\frac{8\lambda_{\max} E_1(y)}{b^2 \delta_d} y dy, \quad (12)$$

где $E_1(y)$ — значение модуля упругости в точке A .

Таким образом, $E_1(y)$ — это переопределенное $E(\lambda)$, а связь между ними осуществляется посредством (8).

Конечную формулу для вычисления зависимости напряжения от деформации можно получить, проинтегрировав выражение (12):

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{16\lambda_{\max}}{b^2 \delta_d} \int_{b/2}^0 y E_1(y) dy. \quad (13)$$

Если рассматривать закон изменения напряжения от координаты y , то

$$\sigma(y) = \sigma_0 + \frac{16\lambda_{\max}}{b^2 \delta_d} \int_y^0 y E_1(y) dy. \quad (14)$$

В тех случаях, когда декель представляет собой многослойный материал, формула (10) преобразуется к виду [2]:

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{1}{\lambda_0} \times \int_{\lambda_0}^{\lambda} \frac{1}{\frac{1}{E_1(\lambda)} + \frac{1}{E_2(\lambda)} + \dots + \frac{1}{E_n(\lambda)}} d\lambda. \quad (15)$$

Тогда формула для вычисления зависимости напряжения от деформации для многослойного материала с учетом (9) и (15) будет выглядеть:

$$\sigma(y) = \sigma_0 + \frac{16\lambda_{\max}}{b^2 \delta_d} \times \int_y^0 \frac{y}{\frac{1}{E_{11}(y)} + \frac{1}{E_{12}(y)} + \dots + \frac{1}{E_{1n}(y)}} dy. \quad (16)$$

Таким образом, построена теория для вычисления зависимости напряжения от деформации в случаях, когда декель представлен одним или несколькими слоями декельного материала.

Как известно [5, 6], количество краски, переходящей на оттиск при печатании, зависит во многом от давления и может служить характеристикой правильности проведения технологического процесса. Если рассмотреть эту зависимость для типографской печати, то она имеет вид, приведенный в [7]. По оси абсцисс отложено удельное давление, а по оси ординат — количество отданной формой краски на один квадратный сантиметр запечатываемой поверхности. Диаграмма разбита на ряд участков, на которых была установлена закономерность передачи

краски формой за исключением начального участка диаграммы. Он соответствует случаю передачи краски в области недостаточного удельного давления. Однако именно на этом участке формируются начальные условия краскопереноса, что и обусловило к нему особый интерес.

Процесс проникновения печатной краски в бумагу на начальном этапе был представлен, с точки зрения современных структурных представлений, процессом перколяции (фильтрации) неньютоновской жидкости в неоднородной пористой среде. Выражение для расхода Q в конечном итоге выглядит как [7]:

$$\tilde{Q} = \Pi h^{1-\frac{H}{d}} T^{\frac{\nu H}{d}} \left(\frac{p_0}{\lambda} \right)^s, \quad (17)$$

где $s = 1/n$, n — параметр, характеризующий степень нелинейности жидкости; Π — пористость среды; ν — критический индекс радиуса корреляции кластера пор; H — топологическая размерность гиперкластера, образованного диффузионным фронтом проникающей краски; d — размерность физического пространства; h — толщина листа бумаги.

Представляет интерес учесть влияние на расход краски более точной геометрии зоны печатного контакта, а также распределения давления по ширине площадки контакта.

Выражение для градиента давления с учетом (9) имеет вид

$$\frac{dp(y)}{d\lambda} = \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dy}{d\lambda} = -\frac{b^2}{8\lambda_{\max} y} \cdot \frac{dp}{dy}. \quad (18)$$

В (18) учтено, что

$$\frac{dy}{d\lambda} = -\frac{b^2}{8\lambda_{\max} y}. \quad (19)$$

Определим производную от закона изменения напряжения (14):

$$\frac{dp}{dy} = \frac{16\lambda_{\max}}{b^2 \delta_d} y E_1(y). \quad (20)$$

В формуле (20) предполагается, что p тождественно σ . Тогда в соответствии с (20) формула (17) приобретает вид

$$\tilde{Q}(y) = \Pi h^{1-\frac{H}{d}} T^{\frac{\nu H}{d}} \left[\frac{16\lambda_{\max}}{b^2 \delta_d} y E_1(y) \right]^s. \quad (21)$$

Выражение (21) определяет расход по площадке контакта. Полный расход можно выразить как

$$\tilde{Q} = 2 \int_{b/2}^0 \tilde{Q}(y) dy. \quad (22)$$

Таким образом, в заключение можно сказать, что зависимость количества краски на оттиске от давления на начальном участке диаграммы зависит не только от структурных параметров краски и бумаги [7], но и во многом от геометрии зоны контакта и распределения давления по ширине полосы контакта.

Расчеты по построенной модели с учетом реальных декельных композиций и параметров печатных машин будут произведены в последующих работах.

Литература

1. Митрофанов В. П., Тюрин А. А., Бирбраер Е. Г. Печатное оборудование. — М.: Издательство МГУП, 1999. — 443 с.

2. Кулак М. И., Старченко О. П. Расчет упругих свойств декеля с учетом фрактальной неоднородности поверхностей печатного контакта // Труды БГТУ. Сер. IX. Издательское

дело и полиграфия. — Минск, 2002. — Вып. X. — С. 55—60.

3. Старченко О. П. Расчет упруго-прочностных свойств декельных композиций // Труды БГТУ. Сер. IX. Издательское дело и полиграфия. — Минск, 2003. — Вып. XI. — С. 59—64.

4. Пиотух И. Г., Кулак М. И., Боброва О. П. Влияние фрактальных особенностей структуры на физико-механические свойства печатной бумаги // Труды БГТУ: Физико-математические науки. — Минск, 2000. — Вып. VIII. — С. 73—81.

5. Попрядухин П. А. Технология печатных процессов. — М.: Книга, 1968. — 360 с.

6. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания. — М.: Книга, 1965. — 367 с.

7. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Взаимосвязь параметров структуры бумаги и давления печатного контакта // Труды БГТУ: Физико-математические науки. — Минск, 2000. — Вып. VIII. — С. 82—92.