

зование облачных технологий позволяет снизить нагрузку на компьютер пользователя и решать задачи, требующие нейросетевой обработки изображений, на маломощных вычислительных системах.

В качестве примера программы обработки изображений, поддерживающей нейросетевые технологии, можно привести редактор пиксельной графики Adobe Photoshop. Начиная с 2020 г., современные версии этой программы включают особую категорию программных фильтров — «Neural Filters», которые реализуют сложные процессы обработки изображений на основе технологий машинного обучения Adobe Sensei. С их помощью решаются разнообразные технические и художественные задачи, перечень которых с каждым годом увеличивается. Для загрузки и работы фильтров задействованы облачные ресурсы Adobe.

Таким образом, использование нейросетей в процессе допечатной подготовки изобразительной информации позволяет существенно автоматизировать процесс создания цифровых изобразительных оригиналов, выполненных в разных стилях, а также реализовать ряд сложных процедур технической и художественной обработки изображений.

УДК 655.028

О. П. Старченко

доцент, канд. техн. наук, БГТУ, Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУМАГИ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

С развитием современного полиграфического производства увеличивающийся рост потребностей в высококачественных печатных материалах повлиял на появление на рынках новых, разнообразных, эксклюзивных видов бумаги. Разнообразие бумаги требует особого подхода к выбору способа печати и вида ее обработки. Качество полиграфического исполнения зависит от свойств основных полиграфических материалов.

Изготовитель бумаги должен не только обращать внимание на оптические характеристики оттиска и технологию печати, но

и помнить о многочисленных отделочных процессах и облагораживании продукции после печати, выпускать такую продукцию, которая бы выдерживала эти разнообразные технические, химические и механические нагрузки.

Данная работа выполнена на тему изучения процесса деформирования листов бумаги на операциях технологического процесса изготовления полиграфической продукции. Данная работа является актуальной, т. к. в настоящее время имеющиеся теоретические и экспериментальные исследования в этой области не охватывают всего круга вопросов, представляющих интерес для брошюровочно-переплетного производства полиграфической отрасли.

Фракталы и фрактальные материалы, к числу которых относится бумага, имеют не только необычную форму, но и интересные свойства, некоторые из них могут быть полезными при исследовании проявлений структурной неоднородности бумаги и картона в процессе изготовления полиграфической продукции.

Разработанная на кафедре методика исследования микрогеометрии поверхностной структуры бумаги подтвердила ее фрактальный характер и установила для различных ее сортов количественное значение такого структурного параметра, как фрактальная топологическая размерность.

С точки зрения теории структур, бумагу, как неупорядоченный материал, можно считать фрактальным кластером размерности D_s . При построении распределения модулей упругости в таких кластерах полагалось, что скелет бумаги выполняет роль матрицы, а полости (поры) являются включениями (наполнителем). Упругие характеристики включений в виде пор равны нулю и в рамках самосогласованного подхода объемный K и сдвиговой G модули бумаги будут определяться следующими соотношениями:

$$K = 4kg(1 - n) / (3kn + 4g); \quad (1)$$

$$G = g[9k + 8g - 2n(7k + 9g)] / [9k + 8g + n(k + 2g)], \quad (2)$$

где k и g — объемный и сдвиговой модули материала частиц кластеров;

n — объемная доля пор.

Особенность самосогласованного подхода состоит в том, что выражения (1) и (2) определяют эффективные свойства системы

при условии, что объемная доля включений мала: $n < 0,1$. Распределение плотности в фрактальных кластерах известно:

$$\rho = \rho_0 \left(r^{D-d} \right), \quad (3)$$

где r — безразмерное текущее расстояние, выраженное в долях радиуса частиц;

ρ_0 — плотность материала частиц кластеров;

$d = 3$ — евклидова размерность физического пространства.

Учитывая, что $n = 1 - \rho$, условие малости n можно выполнить используя специальную процедуру. Выделим в кластере в зоне максимума плотности некоторый объем, содержащий малую объемную долю пор n . По формулам (2) и (3) определим его эффективные характеристики K_1 и G_1 . Далее увеличиваем размер выбранного объема. Если считать, что материал в этом объеме обладает такими же эффективными характеристиками, как и в меньшем объеме, то по отношению к реальным свойствам материала они будут завышенными — при увеличении объема пористость растет. Поэтому для расчета реальных свойств материала нужно учитывать количество пор, равное разности долей пор для второго n_2 и первого n_1 объемов:

$$\Delta n_2 = n_2 - n_1. \quad (4)$$

Используя формулы (1)–(4), получим следующие выражения для вычисления модулей упругости на $i+1$ -м шаге:

$$\begin{aligned} K_{i+1} &= 4K_i G_i (1 - \Delta n_{i+1}) / (3K_i \Delta n_i + 4G_i), \\ G_{i+1} &= G_i [9K_i + 8G_i - 2\Delta n_{i+1} (7K_i + 9G_i)] / \\ & / [9K_i + 8G_i + \Delta n_{i+1} (K_i + 2G_i)]. \end{aligned} \quad (5)$$

Вычисления заканчиваются после исчерпания всего объема кластера радиусом R .

Для вычисления распределения прочности в бумаге при любых законах изменения ее плотности:

$$\sigma_i = \sigma_{i-1} / (1 - \Delta n_i + \Delta n_i E_{i-1} / E_i). \quad (6)$$

В работах, ранее выполняемых на кафедре полиграфических производств, были детально проанализированы величины давления на бумагу и полуфабрикаты в процессе изготовления печатной продукции и изменение фрактальной размерности поверхности бумаги после последовательных операций технологического цикла.

Далее, по предложенной методике были рассчитаны упруго-прочностные характеристики образцов с учетом изменения их фрактальной размерности.

Анализируя полученные данные по сеточной стороне бумажного листа, можно сделать вывод, что при уменьшении фрактальной размерности бумаги на 5,4 % произошли следующие изменения в упруго-прочностных свойствах:

- модуль Юнга уменьшился на 25 %;
- сдвиговый модуль уменьшился на 25 %;
- объемный модуль уменьшился на 19 %;
- прочность возросла на 5 %.

Для лицевой стороны при уменьшении фрактальной размерности на 2,2 %:

- модуль Юнга уменьшился на 11 %;
- сдвиговый модуль уменьшился на 15 %;
- объемный модуль уменьшился на 8 %;
- прочность возросла на 2 %.

Это можно объяснить тем, что при запечатывании листа с двух сторон, фальцевании и прессовании тетрадей, выдерживании готовой продукции под прессом на листы действует давление, которое вызывает в нем остаточные деформации, а также уменьшаются упругие характеристики бумажного листа. При этом уплотняется структура, количество межмолекулярных связей увеличивается, молекулы связываются крепче друг с другом, следовательно, увеличивается прочность бумажного полотна.

Повышение требований к качеству изготовления книг, развитие брошюровочно-переплетного оборудования, стремление к сокращению технологического цикла, появление новых материалов и технологических процессов — все это определяет возрастающий интерес к операциям, где на листы бумаги или тетради воздействует давление.

Таким образом, в работе были рассмотрены изменения поверхностных свойств бумаги после печати и операций послепечатной обработки в зависимости от величины давления. В рамках предложенного фрактального подхода получено распределение модулей упругости и прочностных свойств по толщине бумажного листа и значения изменения упруго-прочностных показателей полуфабриката после прохождения всех технологических операций с применением давления относительно незапечатанной бумаги.