

ИННОВАЦИИ В ХИМИИ, ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 676.017.274

М.А. Агеев
(M.A. Ageev)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

СПОСОБ ОЦЕНКИ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ БУМАГИ (ASSESSMENT OF PORE STRUCTURE OF PAPER)

Исследована возможность использования стандартного прибора по определению воздухопроницаемости (ВП-2) для определения среднего радиуса пор в бумажном полотне.

The measurement of the air permeability values with the standard device ВП-2 to calculate the average effective pore radius in paper web has been studied.

Прибор ВП-2 предназначен для исследования одного из важных эксплуатационных показателей бумаги и картона – воздухопроницаемости.

Воздухопроницаемость бумаги и картона обусловлена наличием в их структуре поровых каналов (пор) различного размера. Величина пористости, а также распределение пор по размерам существенно влияют на эксплуатационные показатели бумаги. Наличие и размеры пор обуславливают применение различных видов бумаги (фильтровальной, промокательной, упаковочной, санитарно-гигиенической и др.).

Пористая структура бумаги характеризуется размерами пор и их суммарным объемом. Так как поры бумаги не имеют определенной формы и различаются размерами, то для их характеристики используют условный показатель – средний радиус пор, который может быть определен на основании изучения кинетики впитывания [1].

В нашей работе предложен способ оценки среднего радиуса пор с использованием значения показателя воздухопроницаемости, измеряемого стандартным методом [2]. Воздухопроницаемость показывает объем воздуха, прошедшего через ограниченную площадь образца в единицу времени при заданном разряжении.

Бумажный лист представляет собой капиллярно-пористую структуру, и, следовательно, воздух может проходить только по порам образца.

Представим пору в виде условной трубки, радиус которой является радиусом поры, а длина условной трубки (поры) соответствует толщине образца.

Течение газов по трубам (при малых скоростях) описывают формулой Пуазейля, согласно которой объем газа, протекающего в единицу времени через трубу радиусом r под действием разности давлений Δp на длине трубы l , равен [3]:

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta l}, \quad (1)$$

где η – динамическая вязкость газа.

Площадь образца бумаги, приходящуюся на поровые каналы (суммарная площадь пор), представили в виде

$$S_{пор} = n\pi r^2, \quad (2)$$

где n – количество пор в образце;

πr^2 – площадь одной поры.

Соотношение между площадью образца, приходящейся на поры ($S_{пор}$), и общей площадью образца ($S_{общ}$) представили в виде

$$S_{пор} = S_{общ} m, \quad (3)$$

где m – величина пористости образца бумаги.

Выразили уравнение (1) с учетом уравнений (2) и (3) в виде

$$V = \frac{S_{общ} m r^2 \Delta p}{8\eta l}, \quad (4)$$

где $S_{общ}$ – площадь образца, м^2 ;

m – пористость образца бумаги;

r – радиус поры, м ;

Δp – разность давлений (величина разряжения), Па ;

η – динамическая вязкость газа (воздуха), $\text{Па}\cdot\text{с}$;

l – длина поры (толщина образца бумаги), м .

Из уравнения (4) получили

$$r = \sqrt{\frac{V 8 \eta l}{S_{общ} m \Delta p}}. \quad (5)$$

В качестве объекта исследования нами выбрана мешочная бумага марки М-78А. Среднее значение массы 1 м^2 образца бумаги составило 77,3 г. Среднее значение толщины образца бумаги 111 мкм ($1,11 \cdot 10^{-4} \text{ м}$).

Согласно стандартной методике [2] измерили величину воздухопроницаемости, которая составила 382 мл/мин (или $6,34 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$) при величине разряжения $\Delta p = 100 \text{ мм.вод.ст.}$ (981 Па).

Площадь образца, ограниченная стандартными размерами измерительного зажима прибора ВП-2, составляет $9,62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Пористость образца бумаги рассчитали с использованием известного соотношения:

$$m = V_{пор} / V_{обр} , \quad (6)$$

где $V_{пор}$ – объем пор;

$V_{обр}$ – объем образца бумаги.

Объем пор рассчитали по уравнению

$$V_{пор} = V_{обр} - V_{вол} , \quad (7)$$

где $V_{вол}$ – объем, занимаемый сухим материалом (целлюлоза).

Приняв известное значение плотности целлюлозы 1500 кг/м^3 с учетом влажности отливки $8,7 \%$ получили значение пористости $m = 0,33$.

Средний радиус пор рассчитали по уравнению (5). В исследованном образце бумаги он составил $r = 0,56 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

Полученный результат хорошо согласуется с данными В. Брехта и А. Поля, ссылающихся на Х. Корте [4], которые указывают, что средний радиус пор большинства видов бумаги составляет от $0,5$ до 2 мкм .

Таким образом, в нашей работе показана возможность использования прибора ВП-2 для определения среднего радиуса пор в бумаге.

Библиографический список

1. Тягунов А.Г. Материаловедение. Лабораторный практикум: учеб. электрон. текст. издан. / А.Г. Тягунов, С.А. Воробьев, С.П. Арапова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. 49 с.
2. ГОСТ 13525.14-77. Бумага и картон. Метод определения воздухопроницаемости. Введ.1978-07-01. М.: Стандартиформ, 2007. 5 с.
3. Кикоин А.К. Молекулярная физика: учеб. пособ. / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. М.: Наука, 1976. 480 с.
4. Фляте Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. М.: Лесная промышленность, 1970. 456 с.