



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 900170

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 25.12.78 (21) 2701312/18-25

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 23.01.82. Бюллетень № 3

Дата опубликования описания 28.01.82

(51) М. Кл.³

G 01 N 15/08

(53) УДК 539.217.
.1 (088.8)

(72) Авторы

изобретения

И. Д. Рокос, В. Н. Жуковский и Р. А. Солоницын

(71) Заявитель

Украинское научно-производственное объединение целлюлозно-
бумажной промышленности

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ

1

Изобретение относится к методам исследования материалов, а именно к определению пористости исходного сырья, полуфабрикатов, прессовых сукон и прочих пористых сред, применяемых при изготовлении бумаги и картона, и может быть использовано в целлюлозно-бумажной промышленности и других областях техники, а также в научно-исследовательских целях.

Пористость является важнейшей гидромеханической характеристикой слоев щепы, целлюлозы, бумаги и других пористых материалов, применяемых на различных стадиях технологического процесса целлюлозно-бумажного производства (варка, промывка, отделка, отлив и пр.) Например, эффективность работы вакуум-фильтра зависит от пористости папки целлюлозы, а по изменению пористости прессовых сукон можно судить о степени их загрязненности. Формование бумаги и картона, сгущение и промывка полуфабрикатов, улавливание волокон и другие важнейшие технологические процессы целлюлозно-бумажной промышленности непосредственно связаны с фильтрацией. Растительные волокна в водной среде набухают. Они значительно изменяют свои

2

свойства при размоле. Увеличивается удельная поверхность и удельный объем волокон; такие волокна более плотно укладываются в слое, что уменьшает его пористость. Кроме того, фибрирование поверхности волокон сопровождается активной адсорбцией воды. В результате на поверхности сильной размолотой и фибрированной массы возникает пограничная пленка жидкости, которая по своим размерам значительно превышает аналогичные образования в слое обычных пористых материалов. Отсюда следует, что при моделировании процесса фильтрации бумажные массы с помощью уравнений гидродинамики крайне важно знать коэффициенты пористости, точно соответствующие физической сущности происходящих явлений, в частности для определения внешней удельной поверхности волокон и объемной массы слоя. Последние коррелируют с общей площадью контакта между волокнами в слое и характеризуют бумагообразующие свойства волокон и качество формования бумажного листа.

Геометрическая или истинная пористость является гидравлической характеристикой

РРФК

слоя в случае отсутствия в нем потока жидкости. Если же жидкость или газ проходит через слой, то такой характеристикой является эффективная пористость, соответствующая средним значениям кривизны каналов слоя и скорости потока жидкости в них. При движении потока через слой в нем возникают области непроточной жидкости, занятые тонкой пленкой, прилипающей к поверхности частиц и образующиеся за частицами в результате отрыва от поверхности обтекающей их жидкости. Непроточные области как бы связаны с частицами слоя, что равносильно некоторому увеличению размеров частиц. В слое целлюлозных волокон, как отмечалось выше, это увеличение существенно. Пористость слоя с такими частицами увеличенных размеров называют эффективной. Таким образом, величина эффективной пористости определяется как отношение объема занятого потока к полному объему слоя.

Известен способ определения пористости [1], путем заполнения объема пористой среды (V) различными жидкостями и определения объема этих жидкостей ($V_{ж}$). Геометрическую пористость (m_r) вычисляют из соотношения

$$m_r = V_{ж} / V.$$

Известен способ определения пористости [2], путем определения общей (ρ) и собственной (ρ_m) плотности пористой среды, тогда

$$m_r = \frac{1 - \rho}{\rho_m}$$

Известен также способ определения пористости [3], путем многократного бросания иглы на фотографию произвольного сечения пористой среды, тогда

$$m_r = \frac{n}{n_n},$$

где n - общее число бросаний;
 n_n - число попаданий иглы в область пустот слоя.

Однако эффективная пористость слоя целлюлозосодержащих материалов значительно отличается от его геометрической пористости за счет образования непроточных зон в масштабе отдельных частиц слоя. В промышленных условиях это отличие еще больше увеличивается за счет образования непроточных областей в масштабе всего слоя, что является следствием неравномерного распределения потока по объему слоя. Поэтому в слое целлюлозосодержащих материалов эффективная пористость является гидравлическим параметром, который более точно соответствует физической природе движения жидкости в каналах слоя, чем его геометрическая пористость. Поэтому из-

вестные способы определения геометрической пористости, значения которой широко используются в гидродинамических расчетах различных пористых сред, не пригодны для слоев целлюлозосодержащих материалов

Наиболее близким к предлагаемому является способ определения эффективной пористости, заключающийся в фильтрации рабочей среды через образец с постоянной объемной скоростью U_{cp} , введении в нее на входе индикатора и регистрации момента его появления на выходе [4]

Эффективную пористость находят из соотношения

$$m_3 = \frac{U}{U_{cp}} = \frac{U(t_1 - t_0)}{h}, \quad (1)$$

где $t_1 - t_0$ - интервал времени с момента введения t_0 до момента появления t_1 индикатора в жидкости (газе), выходящей из пористой среды,

h - толщина образца

В способе используется известное в гидродинамике пористых сред выражение для определения средней действительной скорости потока

$$U_{cp} = \frac{UK}{m}, \quad (2)$$

где K - кривизна каналов пористой среды

Однако способ позволяет определить эффективную пористость только в случае, когда величина кривизны каналов пористой среды близка к единице. Таким образом, при определении величины m_3 пористых сред со значительной кривизной каналов, к которым относятся и слои целлюлозосодержащих материалов, ошибка может достигать 100%

Цель изобретения - повышение точности определения.

Цель достигается тем, что на входе образца поддерживают постоянную концентрацию индикатора, затем изменяют ее значение на входе, регистрируют изменение концентрации на выходе, определяют среднее время пребывания частиц индикатора в образце и рассчитывают пористость по формуле

$$m_3 = \frac{U}{U_{cp}} = \frac{U}{h} \frac{\int_{t_0}^{t_{cp}} \frac{C}{C_0} dt}{C_0},$$

где U - линейная скорость рабочей среды, отнесенная к полному сечению образца, м/с,

h - толщина образца, м,

C - текущая концентрация индикатора на выходе из образца, г/л;

C_0 - начальная концентрация индикатора на входе и выходе образца, г/л,

t_0 - момент введения единичного возмущающего воздействия по концентрации индикатора, с;

t_{cp} - среднее время пребывания частиц индикатора в образце, с.

Таким образом, сквозь слой целлюлозо-содержащего материала пропускается с постоянным расходом поток рабочей среды (жидкости или газа) (например, в варочном котле сквозь слой щепы, поток щелока или сквозь слой бумажной массы на сетке бумагоделательной машины фильтруется вода). На входе потока в слой непрерывно подается индикатор (например, красящее вещество, вещество меняющее электропроводность жидкости и пр.), который смешивается с жидкостью так, что его концентрация в ней поддерживается постоянной (C_0). На выходе потока из слоя непрерывно измеряется концентрация индикатора в выходящей жидкости (например, по оптическим свойствам жидкости, либо по ее электропроводности). В некоторый известный момент времени t_0 производят единичное изменение концентрации индикатора на входе слоя (например, концентрация C_0 скачком меняется до $C_1 (C_0 \cdot L C_1)$), либо производят импульсное изменение концентрации от C_0 до C_1 и снова до $C_0 (C_0 \cdot L C_1 C_0)$.

На фиг. 1 изображен график зависимости от времени C/C_0 в случае ступенчатого возмущения, на фиг. 2 — график зависимости от времени величины C_t в случае импульсного возмущения.

По графику определяют среднее время (t_{cp}) пребывания частиц жидкости в пористой среде.

При этом регистрация указанного графика и определение среднего времени пребывания производится до тех пор, пока величины C/C_0 либо C_t не будут равны соответственно C_1/C_0 либо снова C_0 , или не будут отличаться от этих значений на величину, наперед заданную, т. е. до тех пор, пока не будут выполнены условия точности проведения измерений.

Второй график по известной методике легко пересчитывается в первый по соотношению

$$\frac{C}{C_0} = \frac{Q}{N} \int_0^t C_t dt, \quad (3)$$

где Q - объемная скорость жидкости, м³/с,
 N - количество молей индикатора, вводимых в поток при единичном возмущении концентрации типа $C_0 \cdot L C_1 C_0$;
 t - время, с.

Эффективная пористость определяется по выражению

$$m_3 = \frac{U t \int_0^{t_{cp}} \frac{C}{C_0} dt}{h}, \quad (4)$$

Чтобы показать преимущество предлагаемого способа перед известным, расписывается предыдущее выражение

$$m_3 = \frac{U(t_1 - t_0)}{h} + \frac{U}{h t_1} \int_0^{t_{cp}} \frac{C}{C_0} dt. \quad (5)$$

Первое слагаемое правой части

$$\frac{U(t_1 - t_0)}{h} = \frac{U}{U_{cp}}, \quad (5)$$

т. е. в случае определения эффективной пористости по известному способу, когда $K \approx 1$, то слагаемое равно величине m_3 . Если же $K > 1$, то для выполнения (2) m_3 должно быть увеличено во столько раз, во сколько K больше единицы. В (5) это увеличение учитывается вторым слагаемым

$$\frac{U}{h} \int_0^{t_{cp}} \frac{C}{C_0} dt.$$

Пример 1. Получен график изменения величины C/C_0 при фильтрации воды из слоя конденсаторной целлюлозы. В качестве индикатора используется раствор NaCl (концентрация $C_0 = 100$ г/л). Концентрация индикатора в потоке, выходящем из слоя, измеряется мостом переменного тока, регистрирующем значения электропроводности которые затем пересчитываются в концентрацию NaCl через каждые 0,3 с. Толщина слоя h равняется 0,03 м, линейная скорость потока, отнесенная к полному сечению слоя, равна $7,0 \cdot 10^{-3}$ м/с и среднее время пребывания t_{cp} равно 1201 с. При этом величина эффективной пористости состава m_3 равна 0,4250.

Пример 2. Для расчета эффективной пористости слоя щепы в варочном котле периодического действия в процессе варки используется график изменения величины C_1/C_0 . Он зарегистрирован при выходе щелока из заборного коллектора, расположенного в верхней части котла, после единичного изменения концентрации индикатора типа $C_0 \cdot L C_1 C_0$ при входе щелока в распределитель, расположенный в его нижней части. Диаметр варочного котла $d = 6,3$ м, высота $h = 15$ м, объем — 246 м³. Температура варки, при которой определяется эффективная пористость — 125°C. Линейная скорость потока, отнесенная к полному сечению котла $U = 0,05$ м/с, среднее время пребывания $t_{cp} = 300$ с. При этом величина эффективной пористости m_3 составляет 0,3050.

Предлагаемый способ позволяет вести различные технологические процессы, а именно: варку, отбелку целлюлозы, формование полотна на оптимальном уровне.

Формула изобретения

Способ определения пористости, заключающийся в фильтрации рабочей среды через образец с постоянной объемной скоростью, введении в нее на входе индикатора и регистрации момента его появления на выходе, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, на входе образца поддерживают постоянную концентрацию индикатора, затем изменяют ее значение на входе, регистрируют изменение концентрации на выходе, определяют среднее время пребывания частиц индикатора в образце и рассчитывают пористость по формуле

$$m_3 = \frac{U \int_{t_0}^{t_{cp}} \frac{c}{c_0} dt}{h},$$

где U - линейная скорость рабочей среды, отнесенная к полному сечению образца, м/с,

h - толщина образца, м,

c - текущая концентрация индикатора на выходе из образца, г/л,

c_0 - начальная концентрация индикатора на входе и выходе образца, г/л,

t_0 - момент введения единичного возмущающего воздействия по концентрации индикатора, с,

t_{cp} - среднее время пребывания частиц индикатора в образце, с

m_3 - эффективная пористость

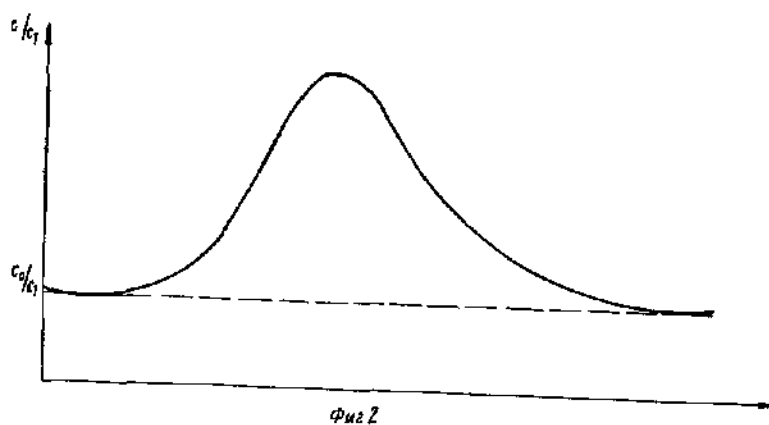
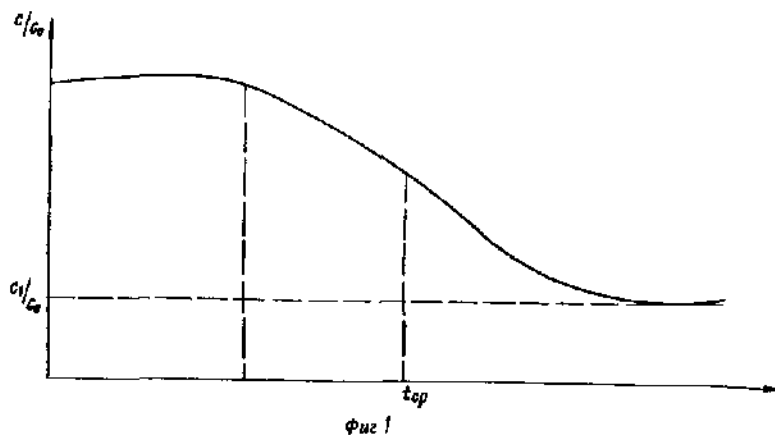
Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1 Лейбензол Л С Движение природных жидкостей и газов в пористой среде М.-Л, ОГИЗ, Гостехиздат, 1947

2 Коллинз Р Течение жидкости через пористые материалы М, «Мир», 1964

3 Schiesser W E Leon Lapidus American Institute of Chemical Engineers journal, 1961, V 7, № 1, p 163—170

4 Кирилов В А и др Способ определения эффективной пористости, Труды III Всесоюзной конференции по химическим реакторам Киев, 1968, с 11 (прототип)



Редактор И Черный
Заказ 12170/80

Составитель И Черный

Техред А Бойкас
Тираж 882

Корректор М Шарош
Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб, д 4/5
Филиал ППП «Патент» г Ужгород ул Проектная, 4