

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОРИСТОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Согласно «Системе показателей качества продукции» [1], для большинства продуктов в виде сыпучих материалов, используемых в строительстве в качестве каменных стеновых материалов, нерудных строительных материалов, неорганических пористых природных и искусственных заполнителей при изготовлении дорожных покрытий, пористость является показателем конструктивности или показателем назначения, знание которого необходимо при периодическом контроле качества и подборе состава строительной смеси, разработке стандартов, технических условий и других нормативных документов, аттестации продукции, выборе оптимального варианта новой продукции.

До настоящего времени проблема разработки неразрушающих, дешевых и простых по конструктивной реализации экспресс-методов измерения пористости сыпучих материалов (СМ) остается актуальной.

В результате анализа современного состояния контроля пористости веществ, выделив основные параметры пористой структуры [2 – 5], была осуществлена классификация методов, применяемых для их контроля (рис. 1).

К параметрам пористости (рис. 1) относятся: истинная и эффективная пористость, объем частиц сыпучих материалов, объем открытых пор, поверхность частиц, удельная поверхность.

Измерение истинной пористости, в отличие от других параметров, требует удаления закрытых пор, что достигается предварительным разрушением образца.

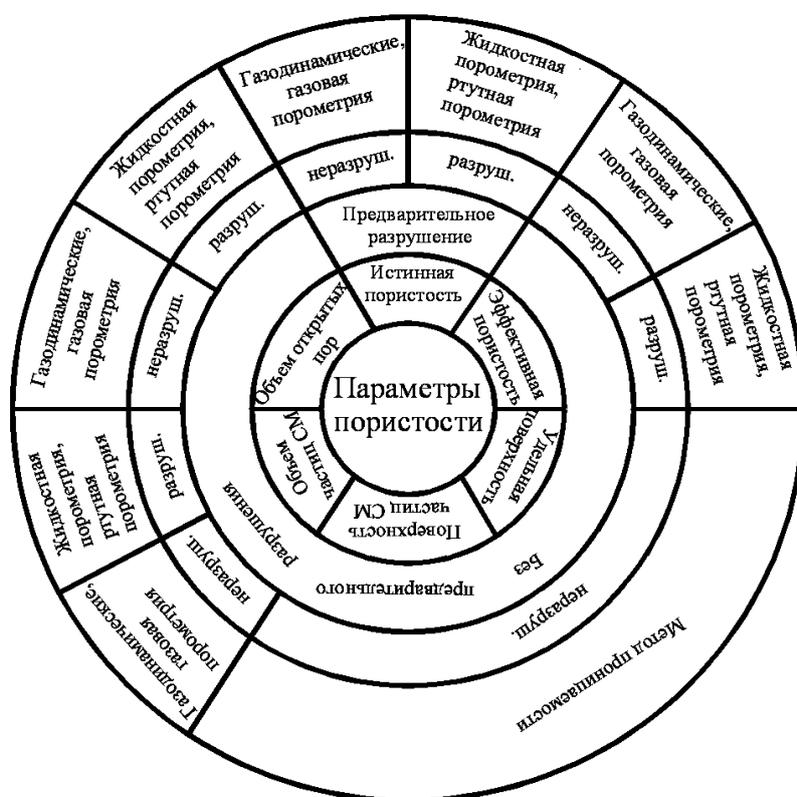


Рис. 1. Классификация методов измерения параметров пористости

По степени воздействия на контролируемое вещество в процессе измерения методы делятся на неразрушающие и разрушающие.

Жидкостная порометрия [4, 5] получила широкое распространение благодаря своей простоте, высокой точности и воспроизводимости результатов. Все разновидности метода основаны на объемном или весовом определении количества жидкости, заполняющей поры сыпучего материала или вытесняемой им при погружении в жидкость. основополагающей концепцией метода является допущение о неизменности плотности пикнометрического вещества в свободном состоянии и в поровом пространстве при условии опыта. К самому пикнометрическому веществу предъявляются особые требования, среди которых в первую очередь необходимо выделить химическую инертность по отношению к исследуемому материалу, хорошую смачиваемость поверхности, низкую летучесть.

Метод ртутной порометрии [4, 5] основан на том, что жидкость, не смачивающая твердое тело, лишь при воздействии внешнего давления проникает в его поры.

К неразрушающим методам относятся: газовая порометрия, газодинамические методы и метод проникаемости.

Метод газовой порометрии (манометрический метод) [6 – 10] основан на законе Бойля–Мариотта, согласно которому при одной и той же температуре произведение давления на объем массы газа остается постоянным. Если замкнутый объем V_0 емкости 1, заполненной при атмосферном давлении $P_{атм}$, уменьшить на известный объем V_d дозирующей емкости 2, то давление газа возрастет на некоторую величину ΔP_1 . Если во втором опыте поместить в то же пространство некоторое количество исследуемого СМ и из пространства $V_1 = V_0 - V_T$ (где V_T – объем, занимаемый СМ) вытеснить такой же объем газа

V_d , как и в первом опыте, то давление в этом пространстве возрастет на несколько большую величину ΔP_2 . Измерения давлений дают возможность определить кажущийся объем СМ, откуда при известном объеме СМ находят его пористость.

Метод проницаемости [11] заключается в том, что пробу материала при известной плотности насыпного слоя и при известной площади поперечного сечения и высоте продувают воздухом. При этом измеряют потерю давления при прохождении определенного количества воздуха через слой пробы. Течение через насыпной слой при этом может рассматриваться как течение через капилляры эквивалентного гидравлического диаметра. При измерениях газопроницаемости работа обычно ведется при постоянной потере напора.

По результатам измерения таким способом определяется поверхность частиц, и пористость находят по формуле

$$\Pi = \left(1 - \frac{1}{3} s_y r\right) 100 \%,$$

где Π , s_y , r – соответственно пористость, удельная поверхность и средний радиус частиц сыпучего материала.

Газодинамические методы [5, 6, 12] заключаются в измерении скорости изменения давления до заданного значения в двух емкостях одинакового объема, одна из которых является измерительной, в нее помещают сыпучий материал, а вторая сравнительной. Таким образом, в газодинамических методах в качестве информационного параметра используется время, которое может быть измерено, зафиксировано и преобразовано простыми техническими средствами с более высокой точностью, чем сигналы другой природы, например, давление или расход. Разность между временами заполнения газом измерительной и сравнительной емкостей определяет пористость сыпучего материала.

Рассмотренным методам присущи свои достоинства и недостатки. Методы жидкостной порометрии достаточно просты, однако их применение невозможно при контроле веществ, не допускающих смачивание. Методы, основанные на использовании газа, обладают высокой точностью за счет того, что газы лучше проникают в поровое пространство, могут быть легко автоматизированы.

Таким образом, перспективным является выявление физических эффектов, возникающих при взаимодействии газа с пористыми веществами и создание на их основе новых методов и средств контроля пористости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 4.200–2003. Система показателей качества продукции. Строительство. Основные положения.
2. Paul, A. Webb. Volume and density determinations for particle technologists / A. Webb Paul // Micrometrics Instrument Corp., World Wide Web: <http://www.micrometrics.com>. – 2001. – 16 p.
3. Муштаев, В.И. Сушка дисперсных материалов / В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М. : Химия, 1988. – 351 с.
4. Плаченнов, Т.Г. Порометрия / Т.Г. Плаченнов, С.Д. Колосенцев. – Л. : Химия, 1988. – 177 с.
5. Можегов, Н.А. Автоматические средства измерений объема, уровня и пористости материалов / Н.А. Можегов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 117 с.
6. Мордасов, Д.М. Технические измерения плотности сыпучих материалов : учеб. пособие / Д.М. Мордасов, М.М. Мордасов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 80 с.
7. Коузов, П.А. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П.А. Коузов, Л.Я. Скрыбина. – Л. : Химия, 1983. – 143 с.
8. Бобыренко, Ю.Я. Прибор для определения плотности дисперсных материалов / Ю.Я. Бобыренко // Заводская лаборатория. – 1965. – № 2. – С. 234 – 243.
9. Торопин, С.И. Установка для определения плотности пористых и сыпучих тел / С.И. Торопин, А.Т. Руденко, Л.Ф. Светлакова // Измерительная техника. – 1972. – № 12. – С. 62–63.
10. Израилевич, И.С. Прибор для измерения истинной плотности дисперсных и пористых тел / И.С. Израилевич, С.Н. Новиков // Заводская лаборатория. – 1964. – Т. 30, № 10. – С. 1278 – 1280.
11. Измерения в промышленности : справочник / под ред. П. Профоса ; пер. с нем. Д.И. Агейкина. – М. : Metallurgia, 1980. – 648 с.
12. А. с. 1673850 СССР. Газодинамическое устройство для определения объема тел / Н.А. Можегов, В.П. Косоруков, М.А. Тарасов, Н.Г. Солошенко // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 32.

Кафедра «Автоматизированные системы и приборы»