

666.3:549.642.41 (575.2) (04)

ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ РАДИОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ

О.Н. Каныгина – канд. физ.-мат. наук, доц.

А.Н. Айтимбетова – преподаватель

The possibilities of X-ray radiography in research of porous ceramic structure are shown. The dependence of linear absorption coefficient on silica sand content and thermal processing is found.

В настоящее время из-за истощения природных запасов руд и ухудшающейся экологической обстановки все большее применение в технике, биологии, медицине находят пористые керамические материалы. Для получения пористой керамики с заданными свойствами необходимо установить связь между содержанием компонент, режимом термической обработки и сформировавшейся при спекании структурой твердой фазы и порового пространства. К сожалению, реконструированная с помощью стереологии [1] структура пористой керамики не идентична реальной. Малый фазовый контраст между аморфной стеклофазой и другими фазами увеличивает неточность определения параметров структуры.

В данной работе в качестве неразрушающего метода исследования порового пространства керамических материалов был апробирован метод рентгеновской радиографии (рис. 1) [2]. Контактная съемка образцов проводилась в излучении вольфрама ($\lambda = 0,21 \text{ \AA}$). Для регистрации прошедшего излучения использовалась рентгеновская фотопленка, по степени почернения которой определялась интенсивность прошедшего излучения. Пористая керамика содержала 50–70% волластонита, 10–30% наполнителя, 10% глины Кара-Кече и 10% просяновского каолина, обжигалась при 1050 и 1150⁰С с выдержкой $\tau = 3$ часа и при 1150⁰С

без выдержки ($\tau = 0$). Общая пористость образцов составляла 22–34%.

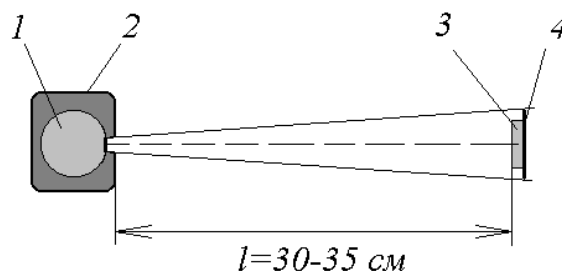


Рис. 1. Схема устройства для рентгеновской радиографии.

1 – рентгеновская трубка; 2 – защитный кожух; 3 – образец; 4 – фотопленка.

При взаимодействии рентгеновского излучения с веществом энергия этого излучения расходуется на различные виды взаимодействия с атомами. Ослабление интенсивности происходит за счет так называемого истинного, или фотоэлектрического, поглощения, а также в результате ослабления через рассеяние и описывается формулой [3]: $I = I_0 \exp(-\mu x) = I_0 \exp(-\mu_m \rho x)$, где I , I_0 – интенсивность прошедшего и падающего излучения, μ – линейный коэффициент ослабления, $\mu_m = \mu/\rho$ – массовый коэффициент ослабления, ρ – плотность образцов. Считая акты поглощения и рассеяния независимыми, массовый или

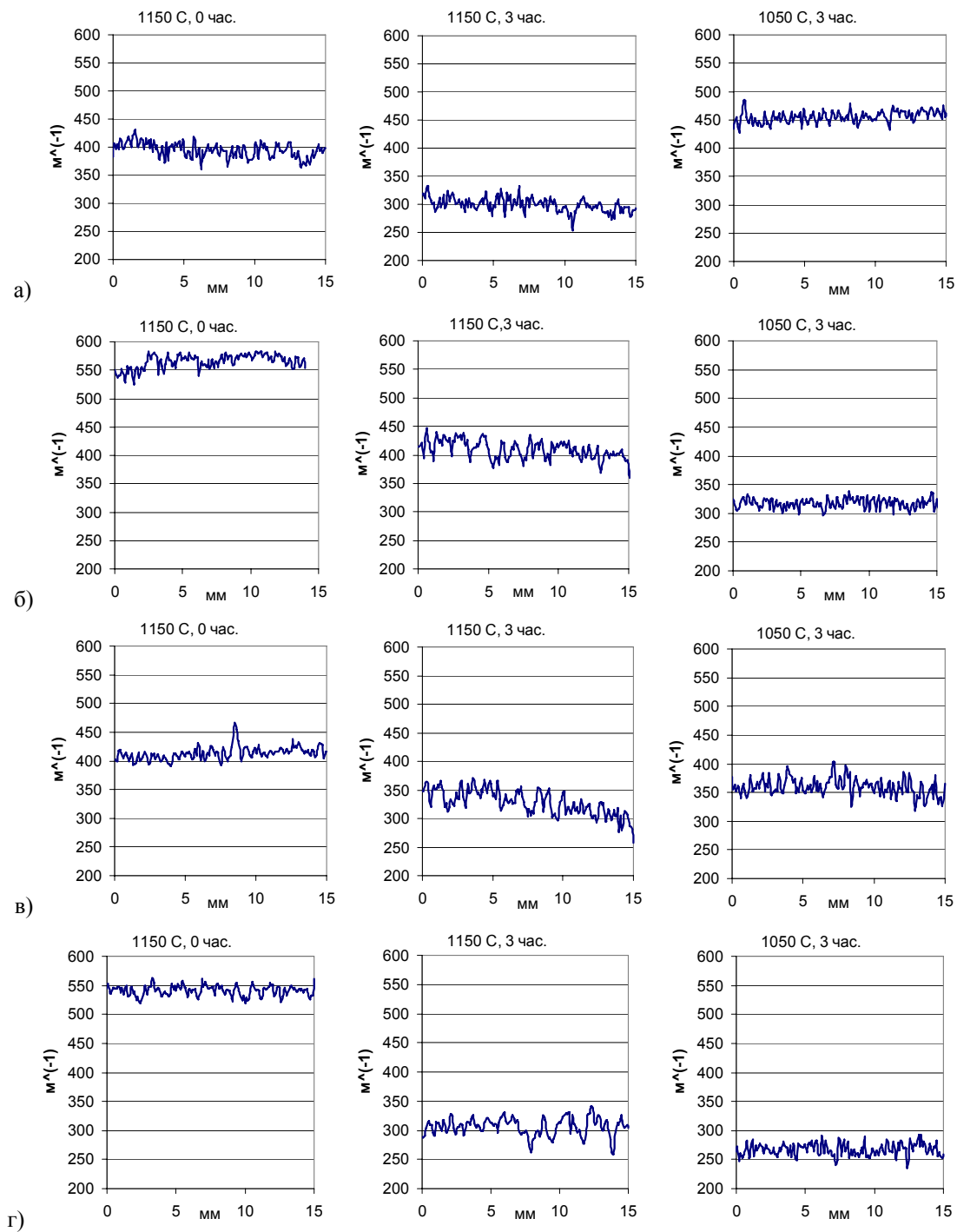


Рис. 2. Распределение линейного коэффициента поглощения k по сечению образца:
 а) 10% кварц. песок + 70% волластонит; б) 20% кварц. песок + 60% волластонит;
 в) 30% кварц. песок + 50% волластонит; г) 20% кварц. стекло + 60% волластонит.

Средние линейные коэффициенты поглощения $\langle k \rangle$, m^{-1}

№ п.п.	Состав	Температура обжига и время выдержки		
		1150 °С, τ=0 час.	1150 °С, τ=3 час.	1050 °С, τ=3 час.
1	70% волластонит + 10% кварц. песок	390	300	460
2	60% волластонит + 20% кварц. песок	570	410	320
3	50% волластонит + 30% кварц. песок	410	330	360
4	60% волластонит + 20% кварц. стекло	540	310	270

линейный коэффициент ослабления можно представить в виде суммы массовых или линейных коэффициентов поглощения k и рассеяния σ . $\mu_m = k_m + \sigma_m$, $\mu = k + \sigma$. Массовый коэффициент рассеяния σ_m является универсальной постоянной, примерно равной 0,20. Массовый коэффициент поглощения $k_m \approx CZ^4 \lambda^3 / A$, где λ – длина волны рентгеновского излучения, C – коэффициент, зависящий от области длин волн λ , Z – порядковый номер элемента поглотителя, A – его атомная масса. При больших длинах волн λ и с ростом Z поглощение рентгеновских лучей в сотни раз превосходит рассеяние, поэтому рассеянием можно пренебречь, считая $\mu = k$ [3].

Распределение линейных коэффициентов поглощения k для произвольных сечений образцов пористой керамики показано на рис. 2 (а, б, в, г), средние линейные коэффициенты поглощения $\langle k \rangle$ – в таблице. Относительная погрешность определения $\langle k \rangle$ составляет 3–5%.

Как видно из рис. 2.а–в, независимо от содержания кварцевого песка при максимальной температуре обжига увеличение времени выдержки ведет к снижению линейного коэффициента поглощения на 21–27%. Влияние роста температуры на k неоднозначно. Линейный коэффициент поглощения может как уменьшиться на 34% (10% кварц. песка), так и возрасти на 29% (20% кварц. песка). Большой разброс значений k показывает, что при введении кварцевого песка в процессе спекания формируется крайне неоднородная мелкозернистая структура. Крупные образования начинают формироваться при 20–30%-ном содержании кварцевого песка только при длительной выдержке ($\tau = 3$ час.) при 1150 °С.

При анализе влияния строения кристаллической решетки на коэффициент k на примере кварцевого песка и кварцевого стекла видно,

что независимо от строения кварца линейные коэффициенты поглощения имеют общий характерный вид, отличаясь только численными значениями (рис.2.б, г). При введении 20% кварцевого стекла формируется однородная структура, рост структурных неоднородностей наблюдается при длительной выдержке и максимальной температуре обжига ($\tau = 3$ час.). Для кварцевого стекла увеличение времени выдержки при температуре обжига оказывает большее влияние на линейный коэффициент поглощения (k падает на 43%), чем рост температуры (k возрастает на 13%) (рис. 2.г).

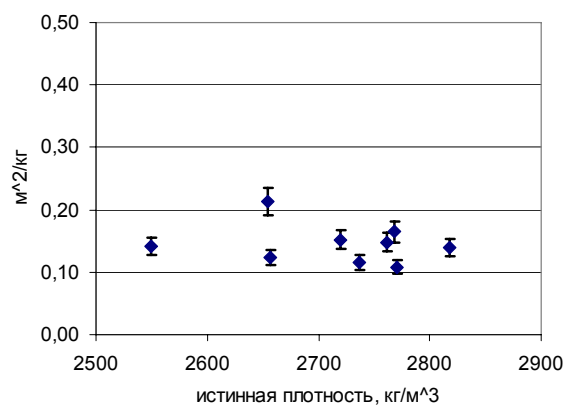


Рис. 3. Зависимость массового коэффициента поглощения k_m от истинной плотности образцов.

Как следует из рис. 3, массовый коэффициент поглощения $k_m = k / \rho$ не зависит от истинной плотности волластонитовой керамики и при любом содержании наполнителя (10–30%) равен 0,15 м²/кг. Следовательно, линейный коэффициент поглощения, являясь однозначной функцией плотности, позволяет найти распределение плотности по сечению пористой керамики.

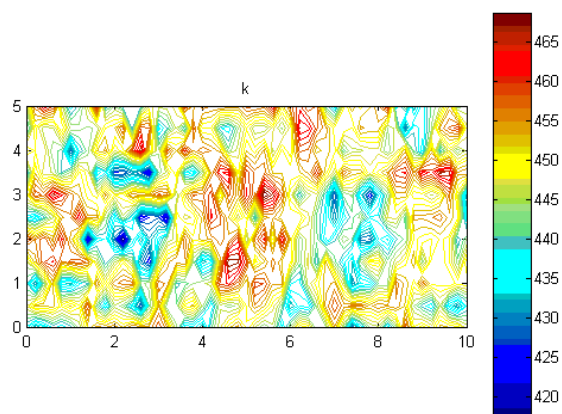


Рис. 4. Распределение линейного коэффициента поглощения $k, \text{м}^{-1}$ по поверхности образца размером 5 мм x 10 мм.

Объединение распределений линейных коэффициентов поглощения k для множества параллельных сечений образца дает распреде-

ление линейного коэффициента поглощения k по поверхности (рис. 4).

Таким образом, для оценки параметров порового пространства фильтрующих керамических материалов целесообразно использовать неразрушающий метод рентгеновской радиографии, обладающий достаточной чувствительностью для выявления структурных неоднородностей.

Литература

1. Чернявский Г.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. – 279 с.
2. Ермолов И.Н., Останин Ю.Я. Методы и средства неразрушающего контроля качества. – М.: Высш. шк., 1988. – 368 с.
3. Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей. – М.: Гос. изд-во техн.-теоретич. лит-ры, 1957. – 518 с.