

УДК 691.43-441002.3

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО КЕКА НА СТРУКТУРУ ПОРИСТОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

© 2011 В.З. Абдрахимов, В.А. Куликов, Е.С. Абдрахимова

Самарская академия государственного и коммерческого управления

Поступила в редакцию 09.06.2010

Исследования показали, что применение метода укрупненных показателей С.А. Салтыкова и диффузного малоуглового рассеяния рентгеновских лучей дает возможность получить количественную оценку макроструктуры теплоизоляционного материала и в сочетании с физико-техническими его показателями позволяет объективно оценить комплекс свойств, которыми могут обладать теплоизоляционные материалы.

Ключевые слова: нефтяной кек, монтмориллонитовая глина, электронное фото, теплоизоляционный материал, керамзит, пористость, структура пористости, макроструктура, изометрические поры, щелевидные поры, малоугловое рассеяние.

ВВЕДЕНИЕ

Самарская область является регионом развитой нефтеперерабатывающей промышленности. Несмотря на то, что технологии нефтедобычи и нефтепереработки постоянно совершенствуются они пока не достигли уровня безотходного производства. Поэтому, учитывая большое образование отходов нефтедобычи и негативное влияние их на биосферу, разработка новых методов их утилизации является весьма актуальной проблемой. Большими возможностями использования отходов производств обладает отрасль, производящая строительные материалы. Это объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материалоемкостью и широкой номенклатурой выпускаемых изделий. Многие промышленные отходы по своему составу и свойствам близки к природному сырью, используемому для производства строительных материалов. Применяя отходы промышленности, мы тем самым экономим природный материал и расширяем сырьевую базу строительной индустрии.

Разработка технологий, позволяющих использовать отходы в качестве сырьевых материалов для производства строительных материалов, способствует:

- а) сохранению и рациональному использованию имеющихся природных сырьевых ресурсов;
- б) использованию накопленных и вырабатываемых отходов производства;
- в) снижению экологической напряженности в регионе;

Владимир Закирович Абдрахимов, доктор технических наук, профессор.

Куликов Владимир Александрович, аспирант.

E-mail: samarastroy@list.ru

Абдрахимова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: 3375892@mail.ru

г) утилизации промышленных отходов, охране окружающей среде, и расширению сырьевой базы для получения строительных материалов.

В физической химии силикатов исследованию структуры пористости и фазового состава придается большое значение, так как именно они определяют главным образом эксплуатационные свойства керамических изделий.

Структура керамических материалов определяется взаимоотношением твердой части и пор. Изучению пористости посвящено значительное число исследований в различных областях науки и промышленного производства [1-4]. Однако вопросы формирования пористости и её конечной структуры в изделиях строительной керамики изучены недостаточно [3].

Сущностью исследования пористости является качественная и количественная оценка распределения пор по размерам, и оценка взаимосвязи пор различных типов в керамических материалах.

На основе исследований пористости керамических материалов разработаны различные классификации пор и пористости, основанные на различных признаках и свойствах пористых структур. Создание единой классификации пор и пористости для различных пористых материалов и сред связано со значительными трудностями, поэтому общепризнанной классификации до настоящего времени нет [3].

В результате экспериментальных исследований А.В. Лыкова [4] установлено, что на основные свойства керамических изделий влияют поры размером 10^{-7} м, которые могут быть заполнены водой за счет адсорбции влаги из влажного воздуха и наоборот, отдают влагу в атмосферу. При охлаждении воды в порах, с переходом из жидкого состояния в твердое, происходит увеличение ее объема на 9 %, что является причиной разрушения керамических строительных материалов.

По мнению Гальпериной М.К. наиболее опасными для керамических изделий являются малокапиллярные поры с радиусом от 10^{-5} до 10^{-7} м [3]. Поры этого типа Гальперина М. К. называет “опасными”, поскольку наличие значительного количества их в составе общей пористости делает материал неморозостойким.

Таким образом, известные работы по исследованию физико-химических процессов формирования структуры керамических материалов в основном посвящены изучению керамических материалов на основе традиционных сырьевых материалов.

Целью настоящей работы являются экологические, теоретические и практические аспекты использования нефтяного кека и влияние его на структуру пористости теплоизоляционного материала.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для получения теплоизоляционного материала был использован нефтяной кек, образующийся на нефтедобывающем предприятии в г. Нефтегорск и представляющий собой мелкодисперсный порошок тёмно-коричневого цвета. Основные характеристики кека представлены в табл. 1.

Компонентный состав нефтяной части кека представлен в таблице 2, а физико-механические свойства исследуемого отхода % в табл. 3.

Нефтяной кек в данной работе использовался в качестве выгорающей и вспучивающей добавки и для снижения температуры обжига теплоизоляционного материала. На рис. 1 и в таблице 4 представлены поэлементные химические анализы нефтяного кека, проведенные с помо-

щью электронного растрового сканирующего микроскопа Philips 525M.

Электронное фото нефтяного кека (твёрдого нефтесодержащего отхода сепарации нефтешлама) представлены на рис. 2.

Минералогический и фазовый составы соответственно нефтяного кека и керамзита исследовались на дифрактометре ДРОН – 6 с использованием CoK_α -излучения при скорости вращения столика с образцом 1 град/мин.

На рис. 3, а представлена рентгенограмма исследуемого нефтяного кека.

На дифрактометре порошка отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,185; 0,228; 0,249; 0,367; 0,373$ и $0,383$ нм) карбонатом кальция % CaCO_3 , присутствия линий ($d/n = 0,280; 0,334$ и $0,425$ нм) обусловлены карбонатом магния % MgCO_3 , линии ($d/n = 0,209; 0,245$ и $0,313$ нм) кварцем % SiO_2 , ($d/n = 0,191$ и $0,302$ нм) доломитом % $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$

В качестве глинистого сырья при производстве заполнителя была использована монтмориллитовая глина Смышляевского месторождения [5].

Поэлементный химический состав монтмориллитовой глины Смышляевского месторождения представлен на рис. 1, минералогический состав % в табл. 5, а технологические свойства в табл. 6.

Таким образом, основным глинистым компонентом в смышляевской глине является монтмориллит. Монтмориллит способен интенсивно поглощать довольно большое количество воды, прочно ее удерживать и трудно отдавать при сушке, а так же сильно набухать при увлажнении с увеличением в объеме до 16 раз [5].

Таблица 1. Характеристики кека

№ п/п	Параметры	Единица измерения	Количество
1	Влажность	% масс	10,0-25,0
2	Содержание механических примесей	% масс	59,0-72,0
3	Содержание нефти	% масс	9,0-19,0
4	Плотность	г/см ³	1,55-1,68

Таблица 2. Компонентный состав нефтяной части кека

№ п/п	Наименование веществ	Содержание в % масс
1	Смолы	5,3
2	Асфальтены	5,3
3	Парафины	9,0
4	Тяжёлые масла	80,4
	Вещества, растворимые в соляной кислоте, всего	74,75
	в том числе:	
5	$\text{R}_2\text{O}_3(\text{Al}_2\text{O}_3; \text{Fe}_2\text{O}_3)$	10,75
	RO (CaO)	21,37
	RO (MgO)	5,03
	CaSO_4	4,79
	CaCO_3	34,73
	MgCO_3	7,32
	MgCaCO_3	16,01
6	Вещества нерастворимые в соляной кислоте	25,25

Таблица 3. Физико-механические свойства кека

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Величина
1	Насыпная плотность	кг/м ³	1100
2	Истинная плотность	кг/м ³	4300
3	Удельная поверхность	см ² /г	4900

Таблица 4. Поэлементный анализ нефтяного кека

Элементы	C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
Нефтяной кек	24,02	35,67	0,83	0,87	2,14	5,49	2,10	0,73	0,89	22,58	0,53	4,15

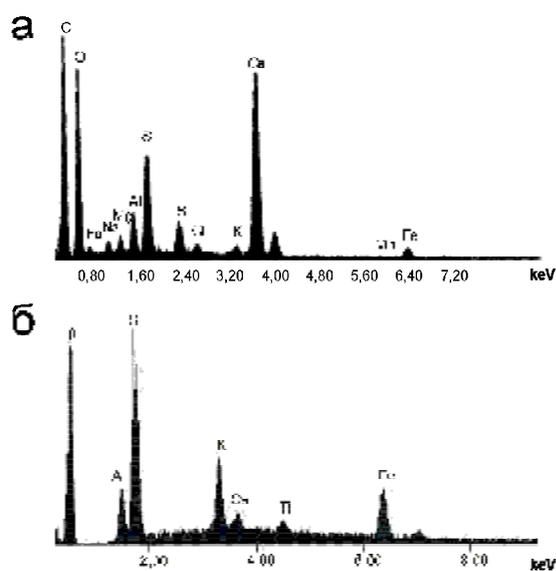


Рис. 1. Поэлементный анализ: а – нефтяного кека; б – монтмориллонитовой глины

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Производство теплоизоляционного материала осуществлялась по традиционной хорошо известной технологии [5, 6]: монтмориллонитовая глина и нефтяной кек подсушивались, измельчались, и просеивалась через сито с отверстиями 1,2 мм, шихта согласно рецепта (таблица 7) тщательно перемешивались и затворялась

водой до формовочной влажности (20-24 %).

Подготовленная керамическая масса с целью усреднения ее влажности помещалась на одни сутки в эксикатор, после чего производилось формование в виде сферических гранул диаметром 16 мм. Обжиг образцов проводился в лабораторной печи при температуре 1100 °С.

Строение полученных гранул было аналогично керамзитовым, т.е. они имели высокопористую структуру ядра и сплошную плотную корочку (рис. 4).

Известно, что для раскрытия структурных особенностей керамических материалов все чаще стали обращаться к электронному микроскопу, используя метод фрактографии (изучение сколов) и реплик [5-7]. Метод скола основан на допущении, что в тонкозернистом материале раскол проходит по индукционной поверхности, и, следовательно, наблюдаемый микрорельеф скола отражает структуру образующегося вещества. Опыт исследования тонких разностей аморфных и кристаллических пород показал правильность указанного допущения: сейчас уже нет необходимости говорить о значении метода.

На рис. 5 представлены электронно-микроскопические снимки теплоизоляционного материала.

Обжиг исследуемого керамзита при 1100 °С способствует появлению желтоватых и бурых стекол с показателями преломления до 1,58-1,61, образовавшиеся в результате плавления шпатов и смешаннослойных глинистых образований.

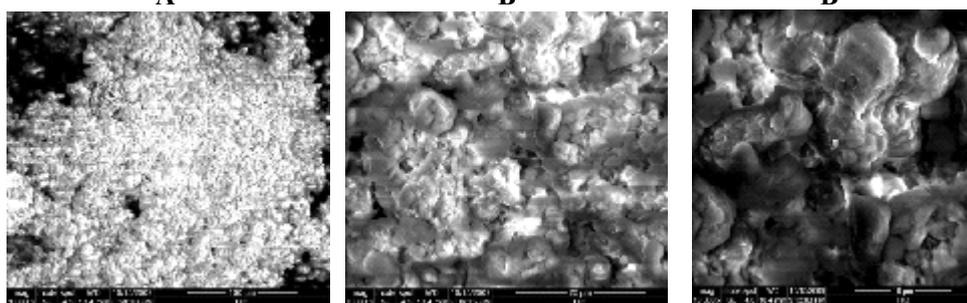


Рис. 2. Электронное фото нефтяного кека (твердого нефтесодержащего отхода сепарации нефтешлама). Увеличение: А х1000, Б – 6000, В х1000

Таблица 5. Минералогический состав смышляевской глины

Содержание минералов, %						
Гидролюда	Кварц	Гипс	Полевой шпат	Каолинит	Монтмориллонит	Оксиды железа
5-10	25-30	3-5	8-20	-	45-50	5-7

Таблица 6. Технологические свойства монтмориллонитовой глины

Число пластичности	Содержание глинистых частиц (размером менее 0,005) мм	Огнеупорность °С	По спекаемости	Оптимальная температура вспучивания, °С	Температурный интервал вспучивания, °С
25-45	55-65	1150-1200	Не спекается (вспучивается)	1160	200

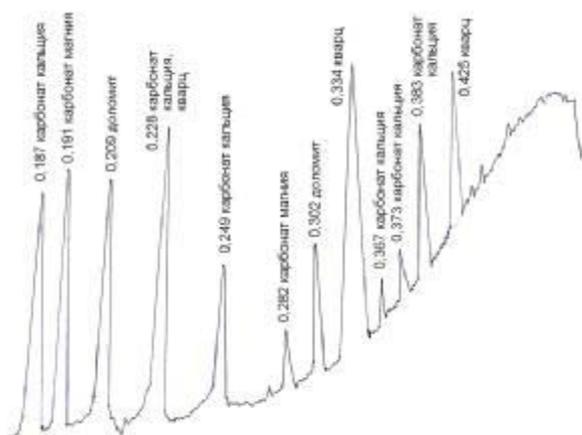


Рис. 3. Рентгенограмма нефтяного кека (твёрдого нефтесодержащего отхода сепарации нефтешлама)

Появление желтоватых и бурых стекол объясняется высоким содержанием Fe_2O_3 в глине Смышляевского месторождения и щелочей (R_2O) в жидком стекле (рис. 5, А и Б).

Пиропластического состояния в керамзите наступает в результате накопления в нем достаточного количества жидкой фазы % силикатного расплава. Интенсивность накопления жидкой фазы зависит, прежде всего, от химического состава глины и добавок. Она возрастает с увеличением содержания щелочей в глине и резко убывает по мере возрастания в ней свободного кварца.

Сильное влияние на процесс накопления жидкой фазы оказывает химический характер газовой среды, который создает нефтяной кек (за счет выгорания и создания внутри керамзита восстановительной среды). Восстановительная

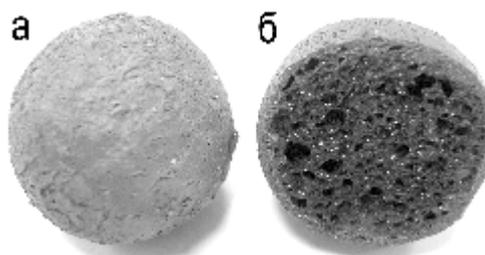


Рис. 4. Теплоизоляционный материал (керамзит), состав №4

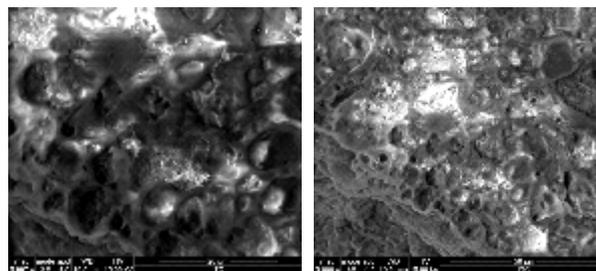


Рис. 5. Электронное фото керамзита (состав №4). Увеличение А x5997, Б x3000

среда резко интенсифицирует процесс накопления жидкой фазы. Это связано главным образом с переводом Fe_2O_3 в FeO согласно приведенным ранее условиям химических реакций. Важно иметь в виду, что процесс восстановления оксидного железа в закисное сопровождается повышением молекулярной концентрации реагирующих оксидов, так как из одной молекулы Fe_2O_3 образуются $2FeO$. Если вспомнить из физической химии одно из следствий закона Рауля, согласно которому температура плавления смеси понижается пропорционально молекулярной кон-

Таблица 7. Составы и основные физико-механические показатели керамзита

№ состава	Количество вводимого кека, %	Прочность при сжатии, МПа	Насыпная плотность, $кг/м^3$	Крупность зёрен, мм
1	-	2,2	650	5-10
2	10	1,85	520	5-10
3	20	1,71	470	5-10
4	30	1,63	395	5-10

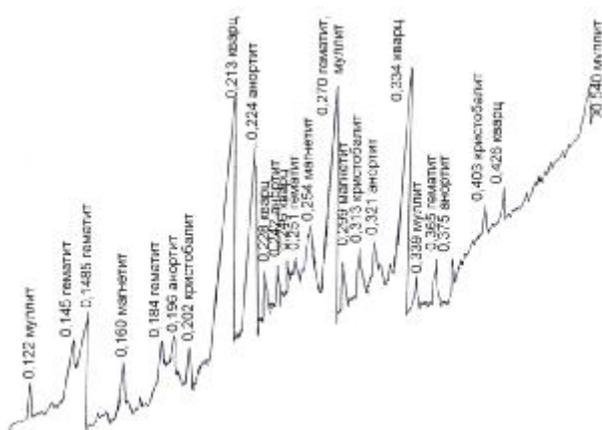


Рис. 6. Рентгенограмма теплоизоляционного материала (состав №4) керамзита, обожженного при температуре 1100 °С

центрации реагирующих веществ, то становится понятным, что процессы восстановления оксидов железа резко интенсифицируют переход глины из хрупкого в пиропластическое состояние. Наиболее интенсивно восстановительные процессы развиваются при взаимодействии железистых оксидов с органическими веществами, которых в достаточном количестве содержится в нефтяном кеке. Поэтому наличие органических примесей или добавок в глине способствуют заметному повышению их вспучиваемости.

Основным условием, обеспечивающим вспучивание глинистых пород при их нагревании, является совмещение во времени пиропластического состояния глины с интенсивным газовыделением внутри обжигаемого материала. Важно усвоить, что каждый из этих факторов в отдельности еще не обеспечивает возникновение процесса вспучивания. Необходимо, чтобы они действовали одновременно. По-видимому, в нашем случае это правило частично соблюдается.

На рис. 6 представлена рентгенограмма исследуемого теплоизоляционного материала (состав №4), обожженного при температуре 1100 °С.

На дифрактометре порошка отмечаются характерные интенсивные линии ($d/n = 0,122$; $0,270$; $0,339$ и $0,540$ нм) муллита, присутствие линии ($d/n = 0,145$; $0,1485$; $0,184$; $0,251$; $0,270$ и $0,365$ нм) обусловлено гематитом, линии ($d/n = 0,202$; $0,313$ и $0,403$ нм) кристобалитом, ($d/n = 0,160$; $0,254$ и $0,299$ нм) магнетитом, ($d/n = 0,196$; $0,224$; $0,242$; $0,321$ и $0,375$ нм) анортитом и ($d/n = 0,213$; $0,228$; $0,246$; $0,334$ и $0,426$ нм) кварцем. О повышенном содержании стеклофазы в исследуемом теплоизоляционном материале свидетельствует соотношение интегральных площадей аморфного гало и дифракционных отражений на рентгенограммах.

Как видно из рентгенограммы (рис. 6), при обжиге теплоизоляционного материала (керам-

зита) образуются новые минералы, гематит, муллит, кристобалит, анортит и магнетит.

Муллит % один из часто встречающихся минералов в обожженных керамических материалах. Высокие показатели по огнеупорности, плотности, химической стойкости и механической прочности привлекли внимание исследователей, как к получению синтетического муллита, так и исследованию его структуры.

В результате проведенного исследования установлено, что введение в составы керамических масс нефтяного кека 10-30 % позволяет получить керамзит с насыпной плотностью 395-520 кг/м³, кроме того, введение в составы керамических масс нефтяного кека способствует образованию муллита при температуре обжига 1100 °С.

Эффективность применения пористых материалов в качестве теплоизоляционных зависит, как известно, от распределения в них пор. Усредненные значения распределения пористости в различных теплоизоляционных материалах приведены в табл. 8 (данные, приведенные в табл. 8, взяты из работы [8]).

Из табл. 8 видно, что наибольшей пористостью обладают «стеклопоровые» материалы.

Волокнистые материалы для своего производства требуют либо природных сырьевых материалов, имеющих волокнистое строение, либо использование сложных технологий, требующих дорогостоящего оборудования, высоких температуры, как следствие, высоких энергозатрат, так как вытягивание волокон происходит из расплавов [8]. Кроме того, эксплуатация волокнистых материалов зависит также от их увлажнения не только во время эксплуатации, но и в период их установки.

Хотя зернистые материалы с высокопористой структурой, имеют преимущество перед волокнистыми, как по характеристикам сырья, так и по преобладанию в их структуре закрытой пористости, но и они для изготовления формованных изделий требуют использования связующего, что приводит к повышению плотности, особенно при изготовлении изделий плотной структуры, и, как следствие, к ухудшению теплоизоляционных характеристик [8].

Поэтому одной из задач, стоящих перед разработчиками эффективных теплоизоляционных материалов, является задача оптимизации структуры материалов, т.е. создание структуры, в которой плотность всех составляющих была минимальна, пористость была представлена мелкими закрытыми и равномерно распределенными порами [8].

Полученные гранулы керамзита из оптимального состава на основе монтмориллонитовой глины и нефтяного кека на наш взгляд отвечают таким требованиям (рис. 4,б).

Таблица 8. Распределения пористости в теплоизоляционных материалах

Материал	Усредненные значения пористости, %		
	открытая	закрытая	общая
Газобетоны	34,5	21	55,5
Пенобетоны	24,5	32,75	57,25
МВИ	57,25	0,5	57,75
Перлитовые	42,75	15,5	58,25
Ячеистое стекло	5,75	54	59,75
Пенопласты	17,25	46,75	64,0
Стеклопоровые	43	21,75	64,75

Истинная пористость (общая) исследуемого керамзита находится в пределах 65-75 %, пористость кажущаяся (открытая) до 65, а предельное значение закрытой пористости может достигнуть 20 %.

При одном и том же характере макроструктуры существенное влияние на физико-технические свойства могут оказывать размеры пор, размах распределения пор по размерам, степень их эллиптичности и т.д. [8].

Таким образом, как при исследовании свойств теплоизоляционных изделий, так и при их создании с регулируемой пористостью и заданным комплексом физико-технических свойств необходимо выбрать методы, дающие возможность наиболее полно и точно характеризовать макроструктуру керамзита.

Для исследования структуры пористости исследуемого керамзита был использован метод растровой микроскопии. На рис. 7 представлена фотография поверхности скола исследуемого образца (состав №4).

В исследуемом керамзите преимущественно имеют место изолированные изометрические, иногда овальные поры размером 3-10 мкм (рис. 7). Кроме того, сравнительно редко присутствуют крупные поры (до 40 мкм) овальной формы, но также обычно изометричные поры типа «каналов». Именно эти поры, по всей видимости, как считает автор работы [9], определяют водопоглощение строительных материалов.

Исследования показали, что в изучаемом керамзите встречаются также узкие щелевидные поры и группы соединяющих пор весьма причуд-

ливой формы. Изометрические закрытые поры также присутствуют, но их значение в общей пористости структуры сравнительно невелико. Щелевидные поры, как правило, узкие (2-5 мкм), обычно изогнутые, серповидные, но иногда прямолинейные.

Многочисленными исследованиями показано, что распределение диаметров частиц фазы внедрения в матричных системах подчиняется логарифмически нормальному закону распределения [10]. Исходя из этого, распределение диаметров пор по размерам, видимо, также можно описать логарифмически нормальным законом распределения, применив метод укрупненных показателей С.А. Салтыкова [11]. Формула логарифмически нормального закона распределения имеет следующий вид:

$$N_i = \frac{N\Delta}{\sqrt{2\pi\sigma(\ln D)}} \exp\left[-\frac{(\ln D^i - \overline{\ln D})^2}{2\sigma^2(\ln D)}\right], \quad (1)$$

N_i – число пор i -ой группы в 1 мм³ материала;
 N – общее число пор всех размеров в 1 мм³ материала;

Δ – цена или шаг, разбивки;

$\ln D$ - средний логарифм диаметров пор;

$\sigma(\ln D)$ – среднее квадратичное отклонение логарифмов диаметров пор;

D_i – диаметр пор i -ой группы, мм.

Для определения величин, входящих в формулу (1), необходимо оценить общее число сечений (n) на единицу площади аншлифа, суммарный объем пор (ΣV) и суммарную поверхность пор (ΣS) в единице объема материала [10].

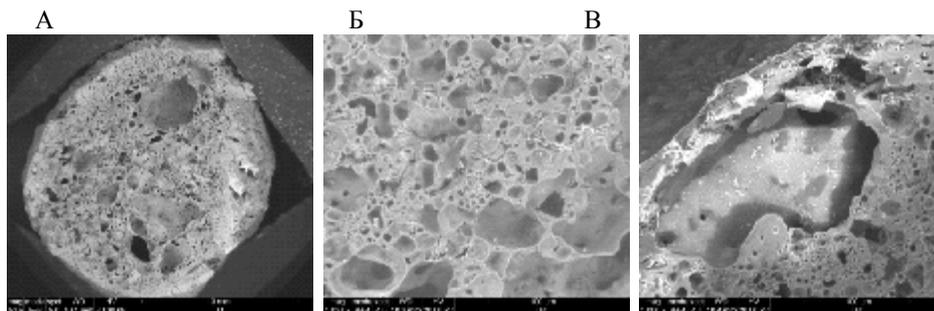


Рис. 7. Макроструктура поверхности скола теплоизоляционного материала (состав №4). Увеличение: А х100, Б и В х1000

Найти эти характеристики можно, используя микрофотографии. При этом n подсчитывается непосредственно, ΣV определяется линейным или точечным методом, ΣS – методом случайно секущих [10].

Общее число пор в единице объема определяется по формуле

$$N = 6\pi^2 \left(\frac{n}{\Sigma S} \right)^3 \Sigma V. \quad (2)$$

Средний диаметр пор:

$$\bar{D} = \frac{n}{N}. \quad (3)$$

Среднее квадратичное отклонение диаметров пор:

$$\sigma(D) = \sqrt{\frac{\Sigma S}{\pi N} - (\bar{D})^2}. \quad (4)$$

Среднее квадратичное отклонение логарифмов диаметров пор:

$$\sigma(\ln D) = \sqrt{\ln \left[1 + \frac{\sigma^2(D)}{(D)^2} \right]}. \quad (5)$$

Средний логарифм диаметров пор:

$$\overline{\ln D} = \ln \bar{D} - 0,5\sigma^2(\ln D), \quad (6)$$

При подстановке полученных результатов в формулу (1) вычисляется число пор каждой размерной группы в зависимости от их диаметра [10]. Полученное распределение пор по размерам может быть выражено в аналитической (формула 7), так и в графической (как в нашем случае) форме (рис. 8).

$$N_i = 1,438\Delta \exp \left[-\frac{(\ln D_i - 0,1612)^2}{0,1069} \right]. \quad (7)$$

В работах [12-13] указывалось, что характер микроструктуры и свойства керамических материалов определяются также размером пор $40 - 400 \cdot 10^{-10}$ м, для изучения этих пор, как и в выше-

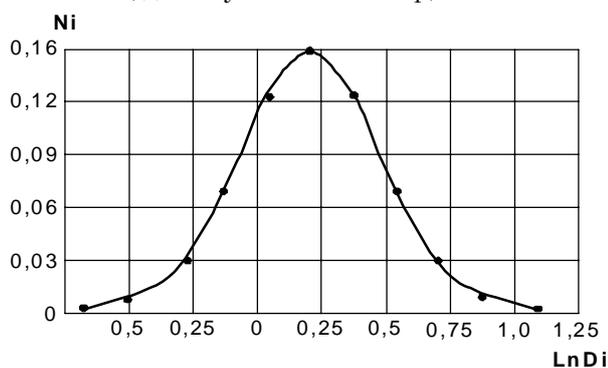


Рис. 8. Распределение пор по размерам в единице объема керамзита

указанных работах, использовался метод диффузного малоуглового рассеяния рентгеновских лучей (РМУ). Преимуществом этого метода является также получение количественных экспериментальных результатов на образцах без разрушения их структуры.

Диффузная картина керамических материалов под малыми углами получена на рентгеновской малоугловой установке типа КРМ - 1.

В непрерывном режиме работы прибора получены рентгенограммы, по которым построены графики $\lg J_{\infty} \% \varphi^2$, где $\varphi = 2 \sin \theta$ (рис. 9). Зависимость между логарифмом интенсивности ($\lg J_{\infty}$) и квадратом угла рассеяния (φ^2) выражается кривой линией, а угловой коэффициент (α) позволяет определить радиус инерции пор в исследуемом интервале: $\alpha = 5,715 \cdot R_0^2 / \lambda^2$, откуда

$$R_0 = 0,41 \cdot \lambda \sqrt{-\alpha}, \quad (8)$$

в случае употребления CuK_{α} , $\lambda = 1,539 \cdot 10^{-10}$ м,

$$R_0 = 0,644 \sqrt{-\alpha}, \quad (9)$$

где $\alpha = \Delta \lg J / \Delta \varphi^2$. Угловой коэффициент

$\alpha = \Delta \lg I / \varphi^2$ позволяет определить радиус инерции R_0 . Дискретные значения и их относительное содержание получены в ступенчатом режиме работы рентгеновского прибора. По распределению содержания пор определены эффективные средние радиусы инерции:

$$R_{o.эф} = \Sigma f_k^2 R_{oi}^2 / f_k^2, \quad (10)$$

где R_{oi} – i -тый радиус инерции пор, $f = \Delta J / R_{oi}$ – функция относительного содержания пор с i -тым радиусом.

Повышение содержание в составах керамических масс нефтяного кека с 10 до 30 % приводит к увеличению инерции и некоторому увеличению однородности пор по размерам, о чем свидетельствует снижение кривизны зависимости $\lg I(\varphi^2)$ (рис. 9). Это, вероятно, обусловлено тем,

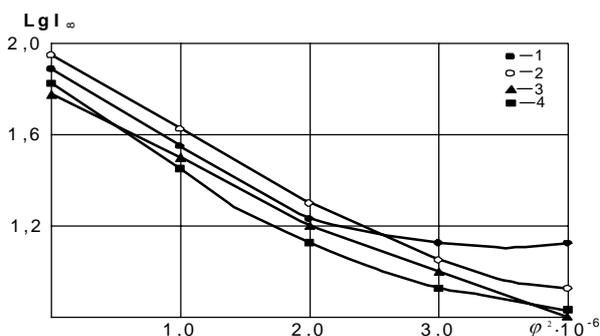


Рис. 9. Логарифмические кривые интенсивности и малоуглового рассеяния образцов составов: 1 - №1; 2 - №2; 3 - №3; 4 - №4

что образующийся при указанных температурах расплав еще не обладает большой вязкостью.

Интенсивное образование расплава и снижение его вязкости при дальнейшем увеличении содержания нефтяного кека до 30 % изменяют характер распределения как относительно крупных пор (больше $1000 \cdot 10^{-10}$ м), так и микропор. Уменьшается эффективный средний радиус микропор, микропористая структура становится однороднее, о чем свидетельствует уменьшение кривизны зависимости $\lg I(\varphi^2)$. Более однороднее микропористая структура становится у образцов из состава №4 (рис. 9).

ВЫВОДЫ

Таким образом, применение метода укрупненных показателей С.А. Салтыкова дает возможность получить количественную оценку макроструктуры теплоизоляционного материала и в сочетании с физико-техническими его показателями позволяет объективно оценить комплекс свойств, которыми могут обладать пористые заполнители. Исследования показали, что более однородные поры образуются в теплоизоляционном материале состава №4, содержащего 30 % нефтяного кека. При введении в составы керамических масс 30 % нефтяного кека микропористая структура становится однороднее, о чем свидетельствует уменьшение кривизны зависимости $\lg I(\varphi^2)$. Изменение параметров микропористости керамического образца объясняется различными процессами, происходящими в обжигаемом материале. Уменьшение кривизны на кривых зависимости $\lg I_{\infty} - \varphi^2$ (рис. 9) свидетельствует об увеличении однородности пор по размерам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркман А.С., Мельникова И.Т. Структура и морозостой-

- кость стеновых материалов. Л: Госстрой, 1962, 136 с.
2. Вершинина Э.М. Особенности структурной пористости кварцеглинистого черепка фасадной керамики // Строительство и архитектура. 1966. № 5. С. 79 - 84.
 3. Гальперина М.К., Ерохина А.В. Кинетика изменения структуры пористости в процессе обжига глин различного минералогического состава // Тр. ин-та НИИСтройкерамики 1981. Вып. 45. С. 3-18.
 4. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. М: Гостеориздат, 1954, С. 214.
 5. Абдрахимов В.З. Изменение фазового состава керамзита из смышляевской глины Самарской области при различных скоростях охлаждения // Строительный вестник Российской инженерной академии. 2009. Вып. 10. С. 18-22.
 6. Абдрахимов В.З., Денисов Д.Ю. Теоретические и технологические аспекты использования техногенного сырья в производстве теплоизоляционных материалов. Самара: Самарская муниципальная академия управления. 2010. 72 с.
 7. Использование отходов флотации углеобогащения в производстве керамзита / Д.Ю. Денисов, И.В. Ковков, В.З. Абдрахимов // Башкирский химический журнал. 2008. Том 15. №2. С. 107-109.
 8. Мизюряев С.А., Мамонов С.А. Структура теплоизоляционных материалов // Материалы 66-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР университета за 2008 г. «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика» Самара: СГАСУ, 2009. С. 205-206.
 9. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат. 1977. 272 с.
 10. Методы исследования макроструктуры стеклокристаллических и минерализованных пен / Д.И. Давидович, Д.Е. Павлов, Б.С. Черепанов // Тр. Ин-та НИИСтройкерамики. «Научные исследования по повышению качества продукции строительной керамики». М.: НИИСТРОЙКЕРАМИКА, 1979. С. 99-107.
 11. Салтыков С.А. О расчете кривой распределения размеров пространственных зерен // Заводская лаборатория. 1949. Том 15. №11. С. 1317-1319.
 12. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Кинетика изменения структуры пористости в процессе обжига кислотоупоров // Известия вузов. Строительство. 2000. № 9. С. 38-41.
 13. Формирование пористой структуры керамического материала из глинистой части «хвостов» гравитации циркон-ильменитовых руд / И.А. Тогжанов, С.Ж. Сайбулатов, А.Ш. Чердобаев, В.З. Абдрахимов // Журнал прикладной химии. 1989. Т. 25. №3. С. 874-875

MECHANISM OF PORCELAIN ENAMEL FORMATION IN THE PROCESS OF BURNING GLASS-GAZED BRICK

© 2011 E.S. Abdrarhimova, V.Z. Abdrakhimov

Samara Academy of the State and Municipal Management

As a result of abandonment glass of porcelain enamel is divided into the areas enriched earth silicon, zirconium, sodium, boron and calcium. Research of the thermoprocessed monoliths shows that liquation structure considerably decreases at temperatures of 700°C and 950°C. The temperature interval of liquation is a function of thermal treatment conditions of porcelain enamel.

Key words: glass-gazed brick, beidellite clay, purgings of outgoing furnace gases, heat endurance, ceramic body, water affinity, kaolin, frit, IR- spectrum, liquation.

Vladimir Abdrakhimov, Doctor of Technics, Professor.
Vladimir Kulikov, Graduate Student. E-mail: samarastroy@list.ru
Elena Abdrarhimova, Candidate of Technics, Associate Professor. E-mail: 3375892@mail.ru.