

УДК 666.3.016

Влияние добавки золы-унос на физико-технические свойства керамических изделий на основе микрокремнезема и модифицированного жидкого стекла

Н.А. Лохова¹, Н.В. Боева¹, И.С. Сизова¹

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: boevanatalij@rambler.ru
Статья поступила 15.07.2012, принята 22.10.2012

Многолетний опыт применения керамических материалов показал их неограниченные архитектурные возможности, позволяющие создавать сооружения с неповторимым внешним обликом. Сдерживающим фактором для роста строительства остается высокая стоимость материалов из глинистого сырья. Выходом из создавшейся ситуации является использование местных отходов полной технологической готовности и энергосберегающих технологий. Вовлечение отходов промышленности в производство керамических материалов позволит улучшить экологическую обстановку и снизить себестоимость производимой продукции. В работе показано применение микрокремнезема и золы-унос в производстве керамических материалов, приведены химические составы используемых компонентов. С помощью математического моделирования эксперимента определены рациональный состав и температура обжига при изготовлении керамических изделий на основе пыли газоочистки производства ферросплавов (ПГПФ). В результате обработки экспериментальных данных получены графические зависимости свойств керамического материала на основе ПГПФ и модифицированного жидкого стекла от температуры обжига и количества добавки золы-унос. Установлено, что использование сырьевой шихты из отходов полной технологической готовности и водного раствора модифицированного жидкого стекла в качестве жидкости затворения позволяет при пониженной температуре обжига получить керамический материал, эффективный по теплотехническим свойствам и обладающий высокой морозостойкостью.

Ключевые слова: микропоризованная керамика, микрокремнезем, жидкое стекло, высококальциевая зола.

Effect of fly ash additive on the physical and technical properties of ceramic products based on microsilica and modified liquid glass

N.A. Lokhova¹, N.V. Boeva¹, I.S. Sizova¹

¹Bratsk State University, 40 Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail: boevanatalij@rambler.ru
The article received 15.07.2012, accepted 22.10.2012

Long experience of ceramic materials application has demonstrated their unlimited architectural potential that allows creating structures of unique appearance. The limiting factor for the construction growth is high cost of the materials made from clay raw materials. The way out of this situation is the use of local waste of full technological readiness and energy efficient technologies. The involvement of industrial wastes in the ceramic materials production will improve the environment and reduce production costs. This paper has demonstrated the use of microsilica and fly ash in the production of ceramic materials; the chemical compositions of the used components have been given. By means of mathematical modeling of the experiment, the rational composition and firing temperature while manufacturing ceramic products based on the gas purification dust of ferroalloy production have been determined. As a result of the experimental data processing, the graphic dependences of the ceramic materials properties based on the gas purification dust of ferroalloy production and modified liquid glass on the firing temperature and the amount of fly ash additives have been obtained. It has been established that the use of raw charge of full technological readiness and an aqueous solution of modified liquid glass as mixing liquid allows obtaining the material demonstrating effective thermal properties and high frost resistance at lower firing temperature.

Keywords: microporous ceramics, microsilica, liquid glass, high-lime ash.

Многолетний опыт применения керамических стеновых материалов показал, что кирпич и камень обладают неограниченными архитектурными возможностями, позволяющими создавать сооружения с неповторимым внешним обликом. Они долговечны, огнестойки, а по показателю комфортности сопоставимы с деревянными материалами. Сдерживающим фактором для роста строительства остается высокая стоимость материалов из глинистого сырья.

Выходом из создавшейся ситуации является использование местных отходов полной технологической готовности и применение энергосберегающих техноло-

гий. Вовлечение отходов промышленности в производство керамических материалов позволит улучшить экологическую обстановку и снизить себестоимость производимой продукции.

В состав рассматриваемых керамических изделий входят микрокремнезем и зола-унос. Микрокремнезем, или пыль газоочистки производства ферросплавов – многоотходный отход, образующийся на ОАО «Братский завод ферросплавов» (ОАО «БЗФ»), является потенциальным сырьевым компонентом для изготовления строительных материалов [1]. Химический состав ПГПФ, по данным лаборатории ОАО «БЗФ», приведен в таблице 1.

Таблица 1

Усредненный химический состав ПППФ (мас. %)

Год	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Влага	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	ППП
2010	75,14	1,78	1,43	0,62	0,23	0,94	1,33	1,77	9,82
2011	70,63	1,76	1,09	0,54	0,37	1,15	3,25	2,44	11,39

Зола-унос – дисперсный отход от сжигания бурых углей Ирша-Бородинского месторождения. Химический состав золы-унос, мас. %: SiO₂ – 46,8; CaO – 25,8; Fe₂O₃ – 7,9; Al₂O₃ – 12,9; MgO – 5,0; Na₂O – 0,5; K₂O – 0,5; SO₃ – 0,1; ППП – 0,5. Предварительные исследования, проведенные в Братском государственном университете, показали, что введение кальцийсодержащего компонента позволяет синтезировать долговечные новообразования, обеспечить формирование благоприятной структуры микропоризованной керамической матрицы и повысить морозостойкость изделий [2].

В качестве жидкости затворения используется водный раствор жидкого стекла (силикатный модуль 3) с добавлением кислот жирных талловых омыленных (КЖТО).

КЖТО – побочный продукт сульфатно-целлюлозного производства, представляет собой желеобразный продукт желтого цвета с различными оттенками, состоящий из натриевых солей природных растительных жиров фракции С16-С22 (ТУ 13-7308058-15-90).

Введение КЖТО в жидкое стекло приводит к модификации свойств коллоидного раствора силикатов натрия – понижению вязкости и поверхностного натяжения. Это способствует равномерному распределению

жидкого стекла в шихте и сокращает расход жидкости затворения. Применение КЖТО в составе жидкости затворения улучшает дообжиговые свойства массы, а также обогащает черепок дополнительной микропористостью.

Рациональный расход добавки золы-унос и температура обжига при изготовлении керамических изделий на основе ПППФ установлены с помощью математического моделирования эксперимента.

В качестве откликов фиксировались: средняя плотность, прочность при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии, водопоглощение и водонасыщение по массе, коэффициент конструктивного качества, расчетная теплопроводность.

Образцы – цилиндры массой 40 г и диаметром 40 мм изготовлены методом полусухого прессования при удельном давлении пресса 20 МПа. Расчетная теплопроводность оценивалась по формуле В.П. Некрасова:

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot d^2} - 1,16,$$

где λ – расчетная теплопроводность, $Bm/(m \cdot ^\circ C)$;
 d – относительная плотность каменного материала.

Таблица 2

Уровни и факторы варьирования

Уровень варьирования	Кодированное значение	Содержание золы-унос, мас. %	Температура обжига, °C
Нижний ($X_{i \min}$)	-1	15	700
Средний ($X_{i 0}$)	0	20	750
Верхний ($X_{i \max}$)	+1	25	800
Интервал варьирования	-	5	50

Таблица 3

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях

№ опыта	Кодированные значения		Натуральные значения	
	x_1	x_2	$X_1, \%$	$X_2, ^\circ C$
1	+1	+1	25	800
2	-1	+1	15	800
3	+1	-1	25	700
4	-1	-1	15	700
5	0	0	20	750
6	+1	0	25	750
7	-1	0	15	750
8	0	+1	20	800
9	0	-1	20	700

Отклики эксперимента

№	Количество золы-унос, %	Температура обжига, °C	Физико-технические свойства материала					
			Y_1 $\rho_m, \text{г/см}^3$	Y_2 $R_{сж}, \text{МПа}$	Y_3 $B_m, \text{мас.}\%$	Y_4 $B_{\text{вак}}, \text{мас.}\%$	Y_5 $\text{ККК} \cdot 10^{-2}, \text{МПа}/(\text{кг}/\text{м}^3)$	Y_6 $\lambda_{\text{расч}}, \text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$
1	25	800	1,12	25,02	39,8	37,7	2,24	0,47
2	15	800	1,17	25,46	40,3	35,5	2,18	0,49
3	25	700	1,16	17,38	38,9	39,0	1,50	0,48
4	15	700	1,11	20,77	42,6	43,2	1,87	0,46
5	20	750	1,14	10,68	41,0	44,0	9,25	0,48
6	25	750	1,14	15,40	39,0	39,0	13,49	0,48
7	15	750	1,16	5,30	47,0	46,0	4,56	0,49
8	20	800	1,20	23,28	40,8	35,7	1,88	0,53
9	20	700	1,10	17,40	43,4	43,3	1,60	0,45

Усредненные для каждого состава данные об откликах эксперимента представлены в таблице 4

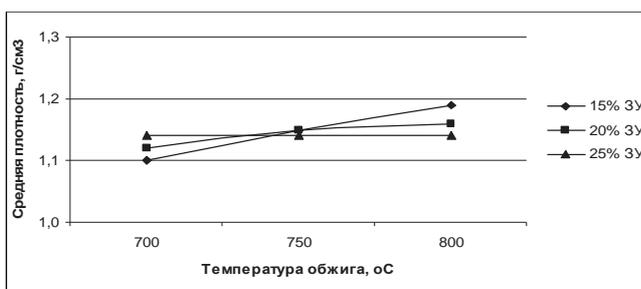


Рис. 1. Зависимость средней плотности материала от содержания золы-унос и температуры обжига.

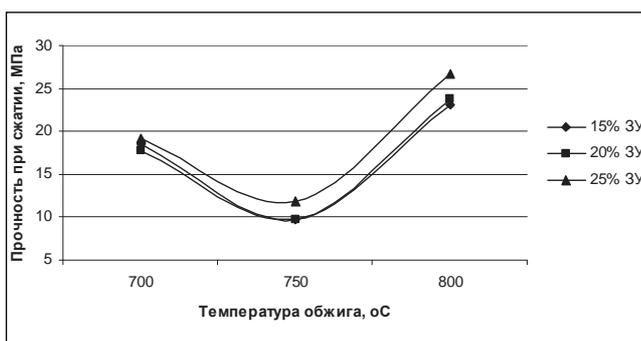


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии материала от содержания золы-унос и температуры обжига.

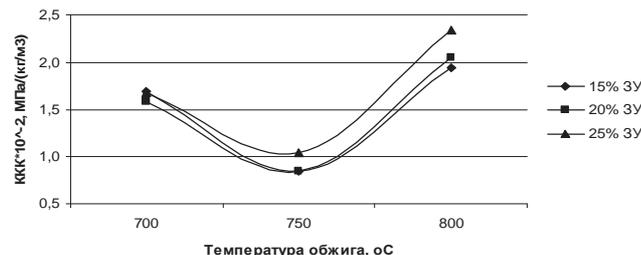


Рис. 3. Зависимость коэффициента конструктивного качества материала от содержания золы-унос и температуры обжига.

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие адекватные уравнения регрессии свойств керамического материала на основе ППФ и модифицированного жидкого стекла для кодированных значений переменных:

- 1) средняя плотность (ρ_m):**

$$Y_1 = 1,156 - 0,004X_1 + 0,019X_2 - 0,005X_1^2 - 0,011X_2^2 - 0,023X_1X_2;$$
- 2) прочность при сжатии ($R_{сж}$):**

$$Y_2 = 9,725 + 1,045X_1 + 3,035X_2 + 1,102X_1^2 + 11,092X_2^2 + 0,737X_1X_2;$$
- 3) водопоглощение по массе (B_m):**

$$Y_3 = 42,64 - 2,033X_1 - 0,666X_2 - 0,466X_1^2 - 1,366X_2^2 + 0,8X_1X_2;$$
- 4) водонасыщение при вакуумировании по массе ($B_{\text{вак}}$):**

$$Y_4 = 43,622 - 1,5X_1 - 2,766X_2 - 0,933X_1^2 - 3,933X_2^2 - 1,6X_1X_2;$$
- 5) коэффициент конструктивного качества ($\text{ККК} \cdot 10^{-2}$):**

$$Y_5 = 9,089 + 1,373X_1 + 0,279X_2 + 0,011X_1^2 - 7,277X_2^2 + 0,197X_1X_2;$$
- 6) расчетная теплопроводность ($\lambda_{\text{расч}}$):**

$$Y_6 = 0,488 - 0,002X_1 + 0,016X_2 - 0,008X_1^2 - 0,003X_2^2 - 0,01X_1X_2.$$

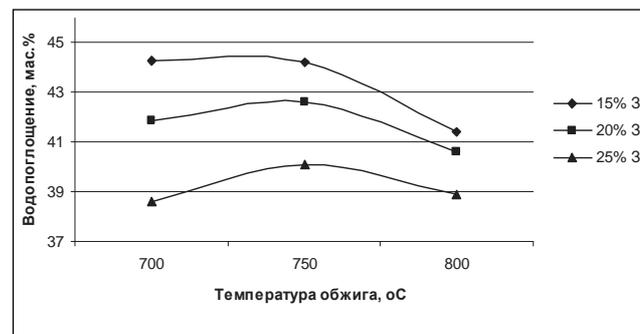


Рис. 4. Зависимость водопоглощения материала от содержания золы-унос и температуры обжига.

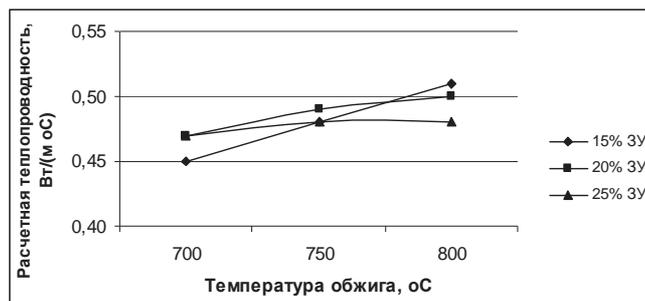


Рис. 5. Зависимость расчетной теплопроводности материала от содержания золы-уноса и температуры обжига.

Морозостойкость образцов на основе ПППФ, золы-уноса и модифицированного жидкого стекла определялась методом объемного замораживания. После 125 циклов попеременного замораживания и оттаивания материал оптимального состава не имеет дефектов.

Комплексный анализ полученных данных показал, что оптимальными физико-техническими свойствами обладает материал, содержащий 25 % золы-уноса, обожженный при температуре 750°C.

Основные выводы. Установлено, что использование сырьевой шихты из отходов полной технологической готовности (ПППФ с добавкой золы-уноса) и вод-

ного раствора жидкого стекла, модифицированного КЖТО в качестве жидкости затворения, позволяет при пониженной температуре обжига материала – 750 °C – получить керамический материал класса 1,2 по средней плотности; морозостойкость керамического материала рационального состава – 125 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Литература

1. Боева Н.В. Теоретические предпосылки изготовления эффективных керамических изделий на основе микрокремнезема и модифицированного жидкого стекла // Материалы IV (X) всероссийской научно-технической конференции «Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации». Братск, 2012. С. 59 – 60.
2. Лохова Н.А., Макарова И.А., Патраманская С.В. Обжиговые материалы на основе микрокремнезема: моногр. Братск: БрГТУ, 2002. 163 с.

References

1. Boeva, N.V. Theoretical prerequisites of effective manufacturing of ceramic products based on microsilica and modified liquid glass/ N.V. Boeva // Proceedings of IV (X) All-Russian Conference «Young thought: Science. Technology. Innovation «- Bratsk, 2012. - p. 59 - 60.
2. Lohova, N.A. Firing materials based on silica fume [text]: monograph / N.A. Lohova, I.A. Makarova, S.V. Patramanskaya. - Bratsk: BrGTU, 2002. - 163 p. - ISBN 5-8166-0062-1.

УДК 630*36:62-58

Модель нового механизма поворота. Теоретическое обоснование конструкции

М.В. Волосунов¹, Г.П. Дроздовский¹

¹Ухтинский государственный технический университет, ул. Первомайская 13, Ухта, Республика Коми. E-mail: Nshol@ugtu.net
Статья получена 15.07.2012, принята 13.11.2012

Рассмотрены варианты применения механизмов поворота сочлененной транспортной машины. Приведены принципиально новые конструктивные схемы механизмов поворота сочлененной транспортной машины. Выполнен кинематический и силовой анализ четырех сравниваемых режимов поворота, позволяющий определить общие зависимости момента поворота передней секции сочлененной транспортной машины. Получены выражения для определения требуемого давления гидрожидкости в цилиндрах гидропривода механизма поворота для каждой конструктивной схемы на грунтах различной консистенции. Параметры грунтов, в зависимости от консистенции V_k , варьируются по прочностным параметрам удельного сцепления грунта C_0 и угла внутреннего трения грунта $\phi_{тр}$ соответственно состоянию опорной поверхности движения машины. Произведен расчет требуемого давления гидрожидкости сервопривода гидроцилиндров новых конструктивных схем механизмов поворота в условиях образования колеи, с учетом величины параметра глубины колеи h для глинистой тугопластичной поверхности и текучепластичного состояния грунта соответственно. Выполнен анализ новых конструктивных схем механизмов поворота в сравнении с применяемой в настоящее время конструкцией. Приведены сравнительные таблицы и графики зависимости давления гидрожидкости в сервоприводе механизма поворота от величины глубины колеи транспортной машины. По критерию давления жидкости в гидроцилиндрах сервопривода механизма поворота сочлененной транспортной машины выбрана наиболее экономичная конструкция.

Ключевые слова: механизм поворота, гусеничная машина, сочлененная машина, поворот, колея.