

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Материалы VI Международной
научно-практической конференции,
посвященной 45-летию Ивановского института ГПС МЧС России**

Иваново, 28-30 ноября 2011 г.

Часть I

Под общей редакцией И.А. Малого

ИВАНОВО
2011

ББК 68.69

П 46

Пожарная и аварийная безопасность : материалы VI
П 46 Международной научно-практической конференции, посвященной
45-летию Ивановского института ГПС МЧС России, Иваново, 28-
30 ноября 2011 г. : в 2 ч. / под общ. ред. И.А. Малого. – Иваново :
ИВИ ГПС МЧС России, 2011. – Ч. 1. – 392 с.

ISBN 978-5-89729-158-0

ООО «Центр социальной поддержки женщины и семьи» (Издательство
«Юнона»)

В сборнике представлены материалы выступлений и статьи участников конференции. В материалах сборника отражены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области обеспечения пожарной и аварийной безопасности объектов, гуманитарных аспектов профессиональной подготовки сотрудников МЧС России.

ББК 68.69

Руководство Ивановского института ГПС МЧС России выражает благодарность за оказанную финансовую помощь в проведении конференции и издании сборника материалов:

Ивановскому областному отделению Общероссийской общественной организации «Всероссийское добровольное пожарное общество»

ООО Компания «Сервис ТВ-Инфо»

Редакционная коллегия

канд. техн. наук И.А. Малый (председатель ред. коллегии);
канд. техн. наук Д.Г. Снегирев;
канд. хим. наук О.В. Потемкина;
канд. техн. наук М.Ю. Овсянников;
канд. техн. наук В.Б. Бубнов;
канд. техн. наук В.В. Волков;
канд. ист. наук Н.Ю. Новичкова;
канд. филол. наук Р.Н. Канафиев;
канд. филос. наук А.А. Обрезков;
канд. хим. наук А.В. Петров;
канд. техн. наук А.Х. Салихова;
канд. биол. наук О.Г. Зейнетдинова;
канд. филол. наук Ю.В. Шмелева.

Билым П.А., Афанасенко К.А. Исследование методом ЭПР пиролитических превращений в стеклопластиках при тепловых воздействиях пожара.....	245
Бубнов А.Г., Горболетова И.В. Биотестирование качества воздуха при его очистке от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде.....	247
Бутман М.Ф., Кропотова Н.А., Титова Е.С. Активности компонентов теплозащитного керамического покрытия на основе системы $Dy_2O_3-Al_2O_3$..	253
Вертячих И.М., Жукалов В.И. Способы активации полимерных волокнистых melt-blown материалов для увеличения сорбционной емкости.....	256
Вертячих И.М., Волков Ю.А., Жукалов В.И. Исследование влияния допирования материала полимерной пленки на характер возникновения в ней термостимулированного тока.....	260
Гиричева Н.И., Барина Е.В. Структурное исследование молекулы самария как компонента, входящего в состав высокоогнеупорного соединения, в техноферной безопасности.....	264
Годлевский В.А., Лобач А.В., Назаров Г.Е., Моисеев Ю.Н., Федотов Е.В. Особенности применения смазочных материалов в узлах и механизмах пожарной и аварийно-спасательной техники.....	266
Голубов А.И. Автоматизация диагностики пожарной опасности горючих жидких веществ и материалов посредством методов количественной оценки.....	270
Грачев Д.В., Кропотова Н.А., Титова Е.С. Износ электрических контактов: анализ физических процессов.....	271
Грицына И.Н., Виноградов С.А. Экспериментальные исследования тушения газовых факелов импульсными высокоскоростными струями жидкости.....	275
Гуюмджян П.П., Пискунов А.А., Коканин С.В. Антипирлирующие добавки полимерных материалов строительного назначения.....	278
Дейнека В.В. Разработка и получение жаростойких специальных вяжущих материалов полифункционального назначения.....	280
Добрынина Н.Ю., Кузнецов С.В. Определение температуры пожара методами исследования степени термического поражения изделий из стали.....	283
Есина М.Г. Математическое моделирование движения механизма по заданной траектории с учетом обратной связи.....	286
Киреев А.А., Жерноклёв К.В. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1А.....	290
Коканин С.В., Гуюмджян П.П., Пискунов А.А. Токсичность антипиренов пенополистирольных строительных материалов.....	293
Колбашов М.А. О возможности применения жидких кристаллов для формирования геометрических параметров рабочих поверхностей оросителей АУПТ.....	295
Кустов М.В., Калугин В.Д. Физико-химические и физические основы процессов осаждения вулканической пыли в атмосфере земли.....	298

УДК 614.8+666.324

В.В. ДЕЙНЕКА

Национальный университет гражданской защиты Украины

**РАЗРАБОТКА И ПОЛУЧЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

V. DEINEKA

**DEVELOPMENT AND RECEIVING OF HEAT-REPELLENT
SPECIAL ASTRINGENT MATERIALS OF MULTI-PURPOSE USE**

В данной работе рассмотрена возможность получения кальций-бариевых ферросиликатных вяжущих материалов для использования при строительстве и реконструкции промышленных объектов повышенной пожароопасности.

Введение

Развитие строительства различных объектов промышленности требует создания новых вяжущих материалов полифункционального назначения. В настоящее время большое внимание уделяется разработке новых полифункциональных вяжущих материалов, обеспечивающих надежную долговременную работу объектов. С точки зрения перспективных направлений получения вяжущих материалов специального назначения, представляют интерес цементы на основе составов, включающих ферриты бария. Многокомпонентные оксидные системы, в которых присутствуют оксиды кальция и бария, вызывают особый интерес у специалистов в области технологии вяжущих веществ. Цементы, синтезированные на основе композиций таких систем, обладают специальными свойствами: жаростойкость, повышенный удельный вес, стойкость к агрессивному воздействию сульфатной коррозии [1].

Поэтому, проблема создания новых эффективных полифункциональных вяжущих материалов, способных одновременно выдерживать воздействие нескольких агрессивных факторов окружающей среды, не теряя при этом своих свойств, является актуальной.

С этой точки зрения интерес представляет четырехкомпонентная система $\text{CaO} - \text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, которая включает в себя барийсодержащие бинарные и тройные фазы, необходимые для производства технической керамики, барийсодержащих полифункциональных высокопрочных вяжущих материалов с широким спектром эксплуатационных свойств: жаростойких, тампонажных, коррозионностойких и т.д [2, 3].

Экспериментальная часть

Цель работы заключалась в выявлении областей составов в системе $\text{CaO} - \text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ пригодных для получения коррозионностойких железосодержащих цементов, осуществлении оценки температур и составов эвтектик в выбранных сечениях, определении оптимальных составов и их физико-механических и технических свойств. Поскольку в состав исследуемой системы входят тройные соединения, была проведена оценка вероятности проявления этими соединениями вяжущих свойств по относительной электроотрицательности с использованием методик Федорова и Бацанова [4, 5] (табл. 1).

Таблица 1

Значения электроотрицательности соединений системы $\text{CaO} - \text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

Соединение	Значение электроотрицательности	Значение относительной электроотрицательности
$\text{Ba}_3\text{Fe}_6\text{Si}_2\text{O}_{16}$	3,7861	0,94
$\text{Ba}_4\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{15}$	3,4844	0,86
$\text{Ba}_5\text{Ca}_3\text{Si}_4\text{O}_{16}$	3,0211	0,748
$\text{BaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_9$	3,3562	0,832
$\text{CaBaFe}_4\text{O}_8$	3,737	0,926
H_2O	4,0343	-

Анализ полученных результатов показал, что соединения $\text{Ba}_3\text{Fe}_6\text{Si}_2\text{O}_{16}$, $\text{Ba}_4\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{15}$, $\text{CaBaFe}_4\text{O}_8$ не проявляют вяжущие свойства, так как характеризуются высокими значениями относительной электроотрицательности и не образуют цементного камня из-за малой реакционной способности по отношению к воде.

В то время как тройные соединения $\text{Ba}_5\text{Ca}_3\text{Si}_4\text{O}_{16}$ и $\text{BaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ обладают вяжущими свойствами. Но, следуя классификации Бацанова С.С., соединение $\text{Ba}_5\text{Ca}_3\text{Si}_4\text{O}_{16}$ должно твердеть в нормальных условиях и автоклавная обработка для него неэффективна. Для соединения $\text{BaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ значение электроотрицательности является граничным, поэтому данная фаза может проявлять слабые вяжущие свойства только в

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

гидротермальных условиях, которые ускоряют процессы твердения, следовательно, вероятность проявления вяжущих свойств крайне мала.

Полученные данные согласуются с кристаллохимическим строением трехкомпонентных соединений. Как известно, вяжущими свойствами обладают лишь те соединения, в структуре которых присутствуют нерегулированные изолированные кремнекислородные тетраэдры. Соединение $Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$ состоит из разобщенных кремнекислородных тетраэдров, связь между которыми осуществляется посредством ионов кальция. Поскольку ассоциация тетраэдров в этом соединении невысока, то оно должно обладать ярко выраженными вяжущими свойствами.

Фаза $BaCa_2Si_3O_9$, напротив, состоит из бесконечной цепочки кремнекислородных тетраэдров с очень прочной силоксановой связью и высокой степенью полимеризации. Поэтому вероятность проявления этим соединением вяжущих свойств мала, как и было доказано с помощью расчетов.

Поскольку тройное соединение $Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$ системы $CaO - BaO - Fe_2O_3 - SiO_2$ обладает вяжущими свойствами, для синтеза кальций-бариевых ферросиликатных цементов было предложено использовать композиции сечения $Ba_2SiO_4 - Ca_2Fe_2O_5 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16} - Ca_2SiO_4$, поскольку все указанные соединения обладают высокой гидравлической активностью, высокими температурами плавления, а дибариевый силикат и дикальциевый феррит обладают высокими коэффициентами сульфатостойкости.

Поскольку разрабатываемые цементы будут эксплуатироваться в условиях повышенных температур, нами была проведена оценка температур и составов эвтектик бинарных и тройных сечений выбранной области (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристики эвтектических точек сечения
 $Ba_2Fe_2O_5 - Ba_2SiO_4 - Ca_2Fe_2O_5 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$ системы $CaO - BaO - Fe_2O_3 - SiO_2$**

№ п/п	Сечение	T _{эвт} , К	Состав эвтектики, мол. %		
			X ₁	X ₂	X ₃
1	$Ba_2Fe_2O_5 - Ba_2SiO_4$	1643	94,5	5,5	-
2	$Ba_2Fe_2O_5 - Ca_2Fe_2O_5$	1558	57,9	42,1	-
3	$Ba_2Fe_2O_5 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$	1653	100,0	0,0	-
4	$Ba_2SiO_4 - Ca_2Fe_2O_5$	1693	7,4	92,6	-
5	$Ba_2SiO_4 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$	2149	56,7	43,3	-
6	$Ca_2Fe_2O_5 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$	1708	100,0	0,0	-
7	$Ba_2Fe_2O_5 - Ba_2SiO_4 - Ca_2Fe_2O_5$	1553	68,1	3,0	28,9
8	$Ba_2Fe_2O_5 - Ba_2SiO_4 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$	1643	94,5	5,5	0,0
9	$Ba_2SiO_4 - Ca_2Fe_2O_5 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$	1693	7,4	92,6	0,0
10	$Ba_2Fe_2O_5 - Ca_2Fe_2O_5 - Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$	1558	57,9	42,1	0,0

По результатам проведенных исследований установлено, что сечения области, ограниченной соединениями Ba_2SiO_4 , $Ca_2Fe_2O_5$, $Ba_5Ca_3Si_4O_{16}$ и Ca_2SiO_4 имеют температуры плавления свыше 1500 К. Оптимальным выбрано сечение № 7, по соответствию совокупности заданных свойств.

Результаты и их обсуждение

Для синтеза ферросиликатных кальций-бариевых цементов в качестве исходных сырьевых материалов использовались: углекислый барий технический (ГОСТ 2149 – 75); углекислый кальций марки ХЧ (ДСТУ 4530 – 96), оксид железа ЧДА (ДСТУ 6912 - 94), песок Нововодолажского месторождения.

Были получены цементы следующего химико-минералогического состава (табл. 3).

Таблица 3

**Химический и минералогический состав синтезированных цементов сечения
 $Ca_2SiO_4 - Ca_2Fe_2O_5 - Ba_2Fe_2O_5 - Ba_2Ca_3Si_4O_{16}$**

№ состава	Химический состав, мас. %				Фазовый состав, мас. %			
	CaO	SiO ₂	BaO	Fe ₂ O ₃	Ba ₂ SiO ₄	Ba ₂ Fe ₂ O ₅	Ca ₂ Fe ₂ O ₅	CaBaFe ₄ O ₈
1	8,2	9,8	63,4	18,6	60	20	20	-
2	4,1	13,1	73,6	9,3	80	10	10	-
3	4,1	11,4	71,7	12,6	70	20	10	-
4	16,5	3,28	43,0	37,2	20	40	40	-
5	2,1	9,8	69,2	18,9	20	60	-	20
6	1,0	8,2	71,0	19,7	50	40	-	10

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цемент обжигался в криптоловой печи при 1250 °С с изотермической выдержкой при максимальной температуре обжига 3 часа.

На основе синтезированных составов были изготовлены образцы цементов с использованием методики малых образцов Стрелкова М.И. [6].

Результаты исследований физико-механических свойств полученных цементов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-механические свойства цементов сечения $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 - \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 - \text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 - \text{Ba}_2\text{Ca}_3\text{Si}_4\text{O}_{16}$

№ состава	В/Ц	Сроки схватывания, час-мин		Граница прочности на сжатие, МПа			КС
		начало	конец	3 суток	7 суток	28 суток	
1	0,17	2 – 00	3 – 35	10,1	16,0	22,0	1,30
2	0,17	0 – 15	1 – 30	16,3	20,6	27,5	1,20
3	0,19	2 – 40	3 – 50	24,5	30,4	42,2	1,31
4	0,20	1 – 55	3 – 20	25,0	38,0	52,0	1,31
5	0,19	2 – 40	3 – 50	16,3	22,0	27,4	1,28
6	0,21	3 – 55	4 – 35	10,2	18,3	23,4	1,20

В ходе проведенных исследований было установлено, что полученные цементы являются гидравлическими вяжущими воздушного твердения и характеризуются такими свойствами: начало твердения от 0 – 15 до 3 – 55 минут, конец – от 1 – 30 минут до 4 – 35 минут, граница прочности на сжатие на 28 суток от 22 до 52 МПа. Оптимальным составом выбран состав № 4 ($\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 : \text{Ba}_2\text{SiO}_4 : \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 = 40 : 20 : 40$), который характеризуется высокой гидравлической активностью и коррозионностойкостью (1,3), а так же имеет достаточно высокую прочность на сжатие (52 МПа).

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что по совокупности эксплуатационных характеристик разработанный кальций-бариевый ферросиликатный цемент может быть использован в качестве жаростойкого вяжущего материала на основе композиций системы $\text{CaO} - \text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ строительстве и реконструкции промышленных объектов, характеризующихся повышенной пожароопасностью, при тампонировании «горячих» нефтяных и газовых скважин, испытывающих одновременное воздействие повышенных температур и сульфатных сред.

Библиографический список

1. Специальные цементы / Т.В. Кузнецова, М.М. Сычев, А.П. Осокин, В.И. Корнеев, Л.Г. Судакас. СПб.: Стройиздат, 1997. – 314 с.
2. Шабанова Г.Н. Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе. Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 280 с.
3. Тараненкова В.В. Перспективные области составов жаростойких цементов в четырехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{BaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ // 36. наук. праць ВАТ «УкрНДІВ ім. А.С. Бережного». Харків: Каравела, 2007. – № 107. – С. 161 – 167.
4. Бацанов С.С. Электростриктность элементов и химическая связь. – Новосибирск: Изд. СО АН СССР, 1962. – 196 с.
5. Федоров Н.Ф. Введение в химию и технологию специальных вяжущих веществ. – Л.-М.: 1977. – 80 с.
6. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. - М.: Высшая школа, 1973. – 504с.