

материала с улучшенными прочностными характеристиками, при сохранении биосовместимости, присущей ГАП.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием и планами НИР ИХТТ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1 Баринов, С.М. Биокерамика на основе фосфатов кальция / С.М. Баринов, В.С. Комлев. М.: Наука, 2006. 204 с.

2 Влияние термообработки на спекание и прочность керамики из нанопорошков гидроксиапатита / Н.В. Бакунова, С.М. Баринов, В.М. Иевлев, В.С. Комлев др. // Материаловедение. 2010. № 12. С. 11-15.

3 Уплотнение нанопорошков гидроксиапатита с применением гидростатического прессования / Н.В. Петракова, С.М. Баринов, Е.В. Евстратов, М.И. Алымов и др. // Материаловедение. 2016. № 11. С. 35-41.

4 Сабирзянов Н.А., Богданова Е.А., Хонина Т.Г. Способ получения суспензии гидроксиапатита: Патент РФ № 2406693. 2010.

5 The Effects of MgO, ZrO₂ and TiO₂ as Additives on Microstructure and Mechanical Properties of Al₂O₃-Fap Composite / A. Guidara, K. Chaari, S. Fakhfakh, J. Bouaziz // Materials Chemistry and Physics. 2017. V. 202. P. 358-368.

УДК 622.273.2

Ш.Т. Рахимов, соискатель

(ТАСИ, г.Ташкент)

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РАСТВОРНЫХ СМЕСЯХ И БЕТОНАХ

Наши исследования посвящены вопросу использования отходов горнодобывающей промышленности (песок пустой горной породы, отходы добычи и обработки мрамора), энергетической промышленности (зола-унос тепловых электростанций), медеплавильной промышленности (медеплавильные шлаки) при приготовлении закладочных смесей, применяемых для закладки выработанного пространства при подземных горных работах.

Так установлено, что зола-унос может быть использована без переработки в качестве добавки при помоле цементного клинкера (до 15% массы цемента) без изменения свойства цементного клинкера;

пластифицирующей добавки в легкие и тяжелые бетоны, растворы (до 60% массы цемента); сырья для строительства и укрепления оснований дорог (до 20% массы цемента и песка); добавки в производство глиняного кирпича (до 45% объема кирпича); взамен песка в производстве легкобетонных изделий (15-25% объема заполнителей); компонента для производства местных вяжущих (до 80% массы вяжущего) марок 75-400; сырья для минеральных удобрений и нейтрализации кислых почв в сельском хозяйстве[1].

Зола-унос относится к полиминеральным материалам, содержащим в зависимости от вида сжигаемого угля различное количество стекловидной фазы (40-65%), в виде частиц шарообразной формы размером до 100 мкм, дегитратированные глинистые вещества, муллит, магнезит, кварц, различные соединения кальция, магния, серы. В отличие от породы углеобогащения в золе-уносе ТЭС уголь как таковой отсутствует, а горючая часть ее представлена различными модификациями коксовых остатков.

В зависимости от месторождения углей зола-унос характеризуется различным химическим составом. Следует отметить, что химический и минералогический составы, а также структурно-физические свойства и содержание горючего остатка в золе-уносе меняются в зависимости от поля электрофильтра, в котором осуществляются ее отбор. Этим объясняется то, что технологические свойства золы-уноса, ее плавкостная характеристика и характер формирования структуры получаемого строительного материала будут различными [2].

В области использования вяжущих свойств золы проведены исследования отечественными и зарубежными учеными Нудельманом Б.И., Тохировым М.К., Газиевым У.А., Будниковым П.П., Баженовым П.И., Бутом Ю.М., Буровым Ю.С., Кинасом В.З., Поповым Н.А. и др. Первую квалификацию топливных шлаков и зол исходя из вида исходного угля предложил Н.А.Попов [3]. Продуктами гидратации являются: низкоосновный гидросиликат $CSH(B)$ в результате снижения концентрации извести в растворе, гидрогеленит, моносulfат $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 12H_2O$.

Наряду с этими основными новообразованиями в зольных вяжущих, в зависимости от условий твердения, наблюдаются следующие характерные образования кристаллической фазы: при нормальных условиях твердения-гелсагональные гидроалюминаты и гидросульфалюминаты, при пропаривании – начало образования гидрогранатов, при автоклавной обработке – увеличение количества гидрогранатов.

В таблице-1 приведены химические составы зол основных угольных бассейнов, которые получили наибольшее применение в строительстве или опробованы с этой целью. Представленную совокупность зол различных угольных бассейнов можно рассматривать как состоящую из двух классов. К первому классу относятся золы, способные при смешивании с водой, затвердевать в камневидное тело. Ко второму классу, затвердевающие при смешивании с водой, но при наличии извести, т.е. проявляющие свойства пуццоланов.

Исследования влияния добавок извести и ПАФ на прочность золоцементных композиций позволили автору установить оптимальные пределы дозировки: известь 5-6%, АЦФ, ФЕСМАЛ и СДБ-М-0,3% от массы «зола-цемент». Введение этих добавок обеспечивает рост прочности цементного камня на 22-30%, а золоцементной композиции на 25-34%. Поэтому, по нашему мнению, золу получаемую на Ангренской ГРЭС, рационально использовать как добавку к строительным растворам и бетонам с целью экономии вяжущего и частичной замены мелких заполнителей.

Значительный интерес для нас представляют исследования, проведенными учеными на золе-унос Ангренской ГРЭС. В работах [4] Тохирова М.К., Касимова И.К. и др. рекомендуется применять золу-унос в бетонах для замены части цемента в количестве не более 10-15%. Это позволяет улучшить удобоукладываемость бетонной смеси, снижает усадку и тепловыделение при твердении бетона. Вместе с тем зола замедляет процесс твердения бетона в начальные сроки, снижает водопроницаемость и морозостойкость. Но введение пластифицирующей – воздухововлекающей добавки на основе водорастворимой смолы САФА позволило ускорить твердение бетона. В качестве минеральной добавки была использована зола-унос Ангренской ГРЭС с дисперсностью 3500 см²/г, а количество ее изменялось от 20 до 40%. Высокая дисперсность золы, сплавленность частиц различной гранулометрии положительно влияют на удобоукладываемость бетонной смеси, особенно с небольшим расходом вяжущего.

Совместное использование активной минеральной и пластифицирующе-воздухововлекающей добавок обеспечивает до 30% экономии цемента в бетонах марок 200-400 без ухудшения удобоукладываемости и прочности бетона. При этом морозостойкость увеличивается до 200 циклов, что является следствием повышенного на 3-4% воздухоудержания бетона.

Махамадалиев И.М. [5] использовал золу-унос Новоангреновской ГРЭС с $S_{уд.}=300 \text{ м}^2/\text{кг}$ как наполнитель при получении бетонных смесей на активированном цементном вяжущем. Добавками к цементу служили суперпластификатор С-3, ЛСТ, КЖН – кубовая жидкость производства натрий– карбоксиметилцеллюлозы и СВК–сток вводный концентрированный ПО «Электрохим».

Им установлены особенности гидратации наполненного цементного вяжущего с МНЗ – модифицированным зольным наполнителем и, что возможно получение золоцементного вяжущего с уменьшением на 28-50% расходом цемента и низкой водопотребностью, все это позволяет получать золоцементный камень с повышенным структурно – механическими показателями за счет использования МНЗ и скоростного перемешивания.

Таблица 1. Химические составы зол основных угольных бассейнов

№ п/п	Наименование тепловых электростанций	П.П. П.	Содержание, % на прокаленные вещества						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O +K ₂ O
1	Иркутская (Ангарская)	5,0	60,5	20,7	5,4	6,4	1,20	0,2	следы
2	Красноярская	1,02	44,2	9,98	12,54	27,71	4,30	0,95	0,32
3	Нижнетагильская	0,69	53,95	24,25	11,66	3,25	3,15	0,90	1,7
4	Новосибирская	15,52	56,61	23,62	6,93	7,05	1,94	0,42	3,04
5	Ступинская	1,34	47,35	34,2	13,5	1,72	1,84	0,40	-
6	Сызранская	2,7	42,16	13,6	6,28	28,32	2,53	5,82	2,0
7	Среднеуральская (Экибастузский уголь)	5,35	57,66	33,18	3,20	0,62	0,30	0,13	0,19
8	Том-Устинская	11,78	59,60	22,4	10,27	5,34	1,08	0,22	0,19
9	Южно-Кузбасская	9,15	55,51	31,04	5,73	4,24	1,21	0,44	1,83
10	Ирша-Бородинская (Канско-ачинский уголь)	2,3	47,0	13,0	8,1	25,4	5,2	0,83	0,4
11	Ангреновская	3,7	35,80	18,45	15,30	18,30	4,15	3,80	0,5

Анализ отечественной и зарубежной литературы по применению золы тепловых электростанций, позволяет сделать вывод, что большинство работ посвящены получению золоцементных композиций с введением большой гаммы химических добавок, с применением скоростного перемешивания или роторно-

пульсационных аппаратов для приготовления различных видов бетона.

Золоцементные композиции нами используются для закладочных смесей, отличающихся от бетонов различными физико-механическими характеристиками (прочностью, подвижностью и др.), а также условиями эксплуатации закладочных массивов, считаем актуальными вопросы исследования по применению песка пустой горной породы, отходов обработки мрамора, золы-унос, шлаки медеплавильного производства, портландцемент и суперпластификатор для получения закладочных смесей, используемых в подземных работах при добыче полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волженский А.В. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов/ А.В. Волженский, Ю.С. Буров, Б.Н. Виноградов, К.В. Гладких. М.: Стройиздат, 1969, стр.389-392.
2. Иванов И.А. Легкие бетоны на основе золы электростанций/ И.А. Иванов. М.: Стройиздат, 1986, стр.42-47.
3. Попов Н.А. О рациональных путях комплексного использования зол электростанций/ Н.А. Попов, И.А. Иванов Ж. М.: Строительные материалы, №8, 1963.
4. Шах Тахер Мухаммад. Золобетон с добавкой САФА/ Шах Тахер Мухаммад, И.К. Касимов, М.К. Тохиров Ж. Т.: Архитектура и строительство Узбекистана, 1984, №5.
5. Махамадалиев И.М. Бетоны на активированном вяжущем и с зольным наполнителем/ И.М. Махамадалиев. Т.: Автореферат диссертации канд.тех.наук, Ташкент, 1993.

УДК 541.138/546.56-121:539.2

А.Е. Рыскулов¹, А.Л. Козловский^{1,2}, С.Б. Кислицин²
(¹ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
²Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КЕРАМИК BeO

Благодаря малому значению сечения поглощения тепловых нейтронов и высокой химической и коррозионной стойкости и теплопроводности керамики на основе оксида бериллия (BeO) обладают большим потенциалом применения в качестве конструкционных материалов для ядерной и атомной