

УДК 666.972.55

И. Ю. ПЕТРИК, Н. М. ЗАЙЧЕНКО, А. И. СЕРДЮК

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЕТОНЫ С ОБОГАЩЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИЕЙ ЗОЛЫ-УНОСОМ ТЭС

Разработана экспериментальная установка для обогащения золы-уноса ТЭС электрической сепарацией с целью применения в составах высокофункциональных бетонов, в которых частичная замена портландцемента золой-уносом составляет более 50 %. Способ обогащения основан на обработке золы-уноса, содержащей частицы с различными электроповерхностными свойствами, в высоковольтном электрическом поле. Установлено, что дисперсность золы, а также содержание несгоревших угольных частиц (ППП) после обработки в электрическом сепараторе свободного падения имеют неодинаковую величину для проб, отобранных из различных зон сепаратора относительно положения электродов. Пробы, отобранные с катода и ячеек, близких к катоду, содержат наибольшее количество несгоревшего углерода. Более высокая величина остатка на сите № 008 для проб из центральных ячеек свидетельствует о недостаточно высокой напряженности электрического поля, необходимой для отклонения частиц от вертикальной траектории в сторону действия силовых полей электродов. Установлено положительное влияние электросепарированной золы, используемой в качестве частичной замены портландцемента, на снижение водопотребности цементно-зольных паст и бетонных смесей. Повышение подвижности бетонной смеси в результате слабого пластифицирующего действия электросепарированной золы-уноса может частично компенсировать снижение прочности бетона, который в своем составе содержит большое количество золы взамен портландцемента (50 % и больше), особенно в ранние сроки твердения.

высокофункциональный бетон, зола-унос ТЭС, потери при прокаливании, электрическая сепарация, электрический заряд, электростатическое поле, подвижность

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Под термином «высокофункциональные бетоны» (High Performance Concretes) объединены многокомпонентные бетоны, характеризующиеся комплексом улучшенных технологических, физико-механических и эксплуатационных свойств, таких как: высокая прочность, долговечность, морозостойкость; низкий коэффициент истираемости; уменьшенное тепловыделение при твердении; надежные защитные свойства по отношению к стальной арматуре; высокая коррозионная стойкость, стабильность объема [8]. Основной особенностью высокофункциональных бетонов является прежде всего повышенный расход цемента, а также низкое значение водоцементного фактора и высокое значение отношения «цементная паста – заполнитель». Это обуславливает повышенный риск раннего трещинообразования вследствие термических напряжений при тепловыделении цемента в массивных конструкциях, высокие значения аутогенной и влажностной усадки. Обязательным условием получения высокофункциональных бетонов является применение в их составах минеральных (пуццолановых) добавок в большом количестве взамен части портландцемента, например золы-уноса ТЭС [1, 13].

В составах обычных бетонов содержание золы-уноса, применяемой взамен части портландцемента, как правило, не превышает 15–20 %. Однако в этом случае не решаются проблемы повышения сульфатостойкости бетона, стойкости к щелочной коррозии заполнителей и термического трещинообразования [15].

Канадским институтом «CANMET» (V. M. Malhotra, P. K. Mehta [6, 7]) разработаны составы бетонов с высоким содержанием золы-уноса (50–60 % в составе вяжущего) – High-Volume Fly Ash Concretes (HVFAС). Достижение такими бетонами высоких показателей физико-механических

© И. Ю. Петрик, Н. М. Зайченко, А. И. Сердюк, 2016

свойств и долговечности основывается на следующих принципах: расход золы взамен части портландцемента составляет не менее 50 % в составе вяжущего; содержание воды затворения не более 130 л/м³; расход портландцемента не более 200 кг/м³. В то же время при высоком содержании в составе бетона золы-уноса замедляется рост прочности бетона в раннем возрасте. Реакция золы с гидроксидом кальция в основном протекает в первые 3–7 суток с образованием продуктов гидратации в виде низкоосновных гидросиликатов кальция с более низким соотношением (C/S). Однако большое количество непрореагировавшей золы остается после 91 суток твердения. В этом случае вяжущие системы с высоким содержанием золы-уноса можно рассматривать как композиционный материал, в котором частицы золы выступают в роли реакционного наполнителя [4].

Установлено [9], что в бетоне с водовязущим отношением В/В = 0,5 замена портландцемента золой в количестве 45 % снижает прочность бетона при сжатии в проектном возрасте на 30 %, в то же время в бетоне с В/В = 0,3 – лишь на 17 %. При этом для снижения водовязущего отношения (В/В ≤ 0,3) необходимо обязательное применение эффективных суперпластификаторов.

Высокий расход золы в составе бетона оказывает также негативное влияние на его морозостойкость. Снижение морозостойкости обусловлено, как правило, отрицательным влиянием золы на эффективность воздухововлекающих добавок, а также присутствием в золе органических остатков в виде несгоревшего углерода, которые набухают в воде, плохо сцепляются с вяжущим и способны образовывать соединения, разрушающие вяжущее [14].

Перечисленные факторы обуславливают необходимость разработки различных способов повышения качества золы для эффективного использования в составах высокофункциональных бетонов. Под термином «зола-унос» (летучая зола) понимается тонкодисперсный минеральный порошок, образующийся в результате сжигания преимущественно измельченного пылевидного каменного угля в котлах с эксплуатационной температурой около 1 400 °С. В результате горения образуется кремнистая зола, содержащая оксиды кремния, алюминия и железа и менее 10 % оксида кальция. Среднее время нахождения частицы угля в топочном пространстве составляет приблизительно 3–4 секунды. Зола, образовавшаяся в результате горения, находится в расплавленном состоянии и выносится дымовыми газами через конвективные части котла, после чего улавливается электрофильтрами на выходе из котла [3].

Свойства золы зависят от ряда факторов, таких как марка и качество угля, температура и время нахождения топлива в котле. Одними из наиболее важных свойств являются минералогический состав, содержание стеклофазы и несгоревшего углерода, определяемое по показателю потерь при прокаливании (ППП). Последние могут значительно варьироваться (от 1 до 10 %) и зависят от особенностей электростанции. Так, применение горелок с низкой эмиссией оксидов азота NO_x, как правило, повышает этот показатель [11].

Существует несколько способов и технологий улучшения качества золы [2, 5]. В Европе функционирует целый ряд предприятий по обогащению летучей золы, в основу которого положены различные технологические приемы: просеивание и разделение на фракции; тонкий помол (размер частиц менее 10 мкм); флотация (отделение микросфер с поверхности золоотстойников); магнитная сепарация (удаление ферромагнитных частиц); пневматическая сепарация в циклонах. Так, в работе шотландских ученых [12] показано, что после продувки исходной золы в установке с коническим циклоном можно выделить наиболее дисперсную составляющую с размером частиц менее 5 мкм. В то же время даже в ультрадисперсных фракциях золы было обнаружено содержание несгоревшего углерода. Более эффективной с точки зрения снижения содержания несгоревшего углерода является электростатическая сепарация золы в различных по конструкции электросепараторах.

Целью настоящей работы является установление эффективности способа обогащения летучей золы электрической сепарацией и исследование влияния золы на подвижность цементных паст и бетонных смесей.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Способ электрической сепарации, основанный на различной электрической проводимости веществ, реализуется путем обработки потока частиц золы-уноса в высоковольтном электрическом поле [18]. Сепарацию по электрической проводимости применяют для разделения минеральных смесей, зерна которых значительно различаются по удельному сопротивлению. Поверхностная электрическая проводимость минералов в основном зависит от химического состава и структуры минералов. Процесс заключается в создании на зернах минералов электрического заряда, отличающегося по значению или знаку, с последующим пропусканием потока заряженных частиц через электростатическое

поле. Разделение происходит путем отклонения траекторий движения заряженных частиц от траекторий, характерных для движения незаряженных частиц при отсутствии внешнего электрического поля.

Для электрической сепарации могут применяться барабанные, камерные, камерные трубчатые сепараторы. В данном исследовании используется камерный электростатический сепаратор свободного падения (рис. 1). Разделяемый материал поступает из дозатора в зону с электростатическим полем. Поле создается вертикально расположенными некоронирующими электродами. Падая вниз под действием силы тяжести, частицы отклоняются в сторону электродов под влиянием кулоновских сил. Направление действия электрической силы зависит от знака избыточного заряда частицы. Расширение межэлектродного расстояния в нижней части сепаратора позволяет расширить веер разделяемой золы-уноса и улучшить, таким образом ее сепарацию.

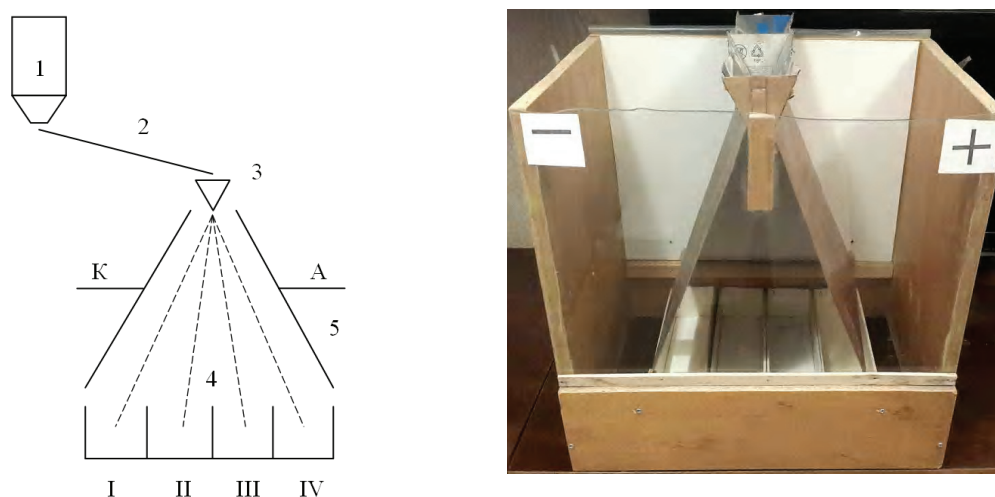


Рисунок 1 – Схема действия и внешний вид камерного электростатического сепаратора свободного падения: 1 – бункер; 2 – наклонная плоскость; 3 – воронка; 4 – приемные контейнеры; 5 – электроды (А – анод, К – катод).

Преимуществом данного типа сепараторов является большая производительность, так как процесс разделения частиц материала осуществляется не на поверхности электрода, а в межэлектродном пространстве. Недостатком данной конструкции является постепенное накопление слоя золы в результате осаждения частиц на электроды. При образовании на электроде слоя пыли определенной величины он отваливается от электрода, и часть отсепарированного материала попадает в непригодные «хвосты» [19].

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении экспериментальных исследований использованы следующие материалы:

- вяжущее вещество: портландцемент (ПЦ) Амвросиевского комбината СЕМ I-42,5 N;
- заполнители: щебень (Щ) гранитный фракции 5–20 мм; песок (П) кварцевый Краснополянского месторождения ($M_{кр} = 2,2$);
- минеральная добавка: зола-унос (ЗУ) Зуевской ТЭС (химический состав представлен в табл. 1);
- суперпластификатор (СП) – акрилатный полимер Dунамон SR-3.

В соответствии с требованиями ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса ТЭС для бетонов» определены показатели потерь при прокаливании (ГОСТ 11022-95 «Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности») и остаток на сите № 008 (ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы определения тонкости помола»). Содержание несгоревшего углерода определяется по массе остатка пробы золы после прокалывания в муфельной печи при температуре 815 ± 10 °С, точность взвешивания 0,1 мг.

Показатели насыпной плотности золы-уноса определены в соответствии с ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытания», нормальной густоты цементно-зольных паст – в соответствии с ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема».

Таблица 1 – Химический состав золы-уноса Зуевской ТЭС

Содержание оксидов, %										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП
56,60	21,82	15,39	0,75	2,52	1,05	0,09	2,08	0,74	0,03	1,27

Электрическая сепарация золы-уноса осуществлена с помощью камерного электростатического сепаратора свободного падения. Медные пластинчатые электроды подключаются к источнику высокого напряжения; величина напряженности электростатического поля составляет 2,0–3,5 кВ/см, разность потенциалов измеряется киловольтметром электростатическим С-196.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления эффективности способа сепарации в высоковольтном электростатическом поле исходную навеску золы массой 500 г, предварительно высушенную до постоянной массы, через дозатор по наклонному медному лотку просыпали сквозь электродное пространство электрического сепаратора. Под действием электростатического поля траектория падения частиц отклонялась от вертикальной, в результате чего исходная навеска золы распределялась соответствующим образом в ячейках сепаратора, а также на поверхности электродов (табл. 2). Установлено, что дисперсность частиц золы, характеризуемая величиной остатка навески после просеивания через сито № 008, уменьшается по мере приближения ячейки к электроду. Наиболее крупные частицы сосредоточены в центральных ячейках II и III. Вероятно, это связано с тем, что более крупные частицы имеют меньший поверхностный электрический заряд, в результате кулоновские силы слабы для преодоления силы тяжести и отклонения траектории падения частиц от вертикальной.

Таблица 2 – Свойства электросепарированной золы-унос ТЭС

Наименование свойства	Показатель свойств пробы золы (электрод, № ячейки)					
	К	I	II	III	IV	A
Количество, г/%, от общей навески	12/2,4	56/11,2	128/25,6	146/29,2	119/23,8	37/7,4
Потери при прокаливании, %	24,1	2,1	1,09	0,48	0,14	–
Потери при прокаливании, % от общей навески	0,58	0,24	0,28	0,14	0,034	–
Насыпная плотность, кг / м ³	1116	1110	1124	1149	1145	1137
Остаток на сите №008, %	0,00	1,93	3,52	3,70	1,83	0,00

Процесс сепарирования частиц в установке основан на различных по знаку и величине поверхностных зарядах веществ, входящих в состав золы. Известно [17], что такие материалы как известняк, мрамор, оксид алюминия, доломит, магнезит, известь, ангидрит, гипс, углерод, имеют положительный электрический заряд, в то время как кварц, каолинит, оксиды железа – отрицательный. Установлено, что максимальное содержание несгоревших угольных частиц, определяемое по показателю потерь при прокаливании (82 % от общего содержания ППП = 1,27 %), после электрического сепарирования сосредоточено в навесках, отобранных с катода и ячеек, близких к катоду. Об этом свидетельствуют также более высокие показатели насыпной плотности навесок золы, близких к зоне анода. Согласно [16] заряд несферических частиц, что характерно для зерен несгоревшего углерода, в 1,4–1,8 раз больше заряда шарообразных частиц (алюмосиликатные сфероиды), имеющих эквивалентную массу. Различие между зарядами частиц правильной и неправильной формы особенно значительно для частиц с размерами менее 200 мкм. Этим объясняется достаточно высокая эффективность сепарирования как тонкодисперсных, так и относительно крупных частиц несгоревшего углерода.

При исследовании цементно-зольных паст с различным содержанием золы взамен части портландцемента установлено, что при содержании золы в количестве 30 % нормальная густота пасты незначительно увеличивается в сравнении с контрольным образцом, содержащим 100 % портландцемента (табл. 3). В то же время, при более высоком расходе золы – 60 %, нормальная густота цементно-зольной пасты меньше контрольного образца на основе портландцемента. Согласно [10] величина электрокинетического потенциала частиц золы-уноса составляет $\zeta = -12...-14$ мВ, для частиц портландцемента $\zeta = +2,17$ мВ. При небольшом содержании золы в составе цементной пасты

Таблица 3 – Водопотребность цементно-зольных паст

Состав, №	Исходная ЗУ (контрольный)			Электросепарированная ЗУ, ячейка			
				I (катод)		IV (анод)	
	1	2	3	4	5	6	7
Портландцемент, %	100	70	40	70	40	70	40
Зола-унос, %	0	30	60	30	60	30	60
Нормальная густота, %	25,6	26,2	25,0	25,1	24,3	25,2	24,8

частицы с различным по знаку электрокинетическим зарядом флокулируют вследствие кулоновского притяжения, что обуславливает снижение подвижности пасты (увеличение водопотребности). В случае, когда расход золы высокий, в цементно-зольной системе преобладает отрицательный интегральный заряд частиц, при этом происходит их электростатическое отталкивание, что обеспечивает повышение подвижности пасты. Очевидно, что более низкая водопотребность цементно-зольных паст, содержащих электросепарированную золу, обусловлена более высоким электрическим потенциалом частиц с одноименным по знаку зарядом. Данный эффект может быть положительно использован в составах бетонов с высоким содержанием золы-уноса.

При невысоком расходе золы – ЗУ = 15 % (отбор из ячейки IV), подвижность бетонной смеси имеет меньшее значение в сравнении с контрольным составом (табл. 4). По мере увеличения содержания золы взамен части портландцемента наблюдается рост подвижности бетонной смеси. При этом данный эффект можно объяснить более высоким объемным содержанием вяжущей пасты, с одной стороны, а также высоким содержанием с одинаковым по знаку электрическим зарядом дисперсных частиц золы, с другой стороны. Немаловажное значение имеет также практически полное отсутствие в составе электросепарированной золы частиц несгоревшего углерода, ухудшающих подвижность бетонных смесей. Повышение подвижности бетонной смеси в результате слабого пластифицирующего действия электросепарированной золы-уноса может частично компенсировать снижение прочности бетона, который в своем составе содержит большое количество (50 % и больше) золы взамен портландцемента, особенно в ранние сроки твердения.

Таблица 4 – Состав бетонных смесей с частичной заменой портландцемента золой

№	ЗУ, %	В/(ПЦ+ЗУ) (В/Ц)	Расход материалов, кг/м ³					Объем теста вяжущего, л	ОК, см	
			В, л	ПЦ	ЗУ	Щ	П			СП, л
1	0	0,30 (0,30)	141	494	–	734	1122	7,2	307,6	16,5
2	15	0,30 (0,35)		420	74	723	1106		317,2	15,4
3	30	0,30 (0,43)		346	148	714	1089		327,2	15,8
4	45	0,30 (0,54)		272	222	700	1076		337,2	17,2
5	60	0,30 (0,75)		198	296	692	1059		346,7	18,7

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что дисперсность частиц золы, обработанной в камерном электростатическом сепараторе свободного падения, по показателю величины остатка навески после просеивания через сито № 008 уменьшается по мере приближения ячейки к электроду. При этом пробы, отобранные с катода и ячеек, близких к катоду, содержат наибольшее количество несгоревшего углерода. Более высокая величина остатка на сите № 008 для проб из центральных ячеек свидетельствует о недостаточно высокой напряженности электрического поля, необходимой для отклонения частиц от вертикальной траектории в сторону действия силовых полей электродов.

2. При исследовании цементно-зольных паст с различным содержанием золы взамен части портландцемента установлено, что при содержании золы в количестве 30 % нормальная густота пасты незначительно увеличивается в сравнении с контрольным образцом, содержащим 100 % портландцемента. В то же время при более высоком расходе золы – 60 %, нормальная густота цементно-зольной пасты меньше контрольного образца на основе портландцемента. Этот эффект проявляется в большей мере для цементно-зольных паст, содержащих электросепарированную золу-унос.

3. Повышение подвижности бетонной смеси в результате слабого пластифицирующего действия электросепарированной золы-уноса может частично компенсировать снижение прочности бетона, особенно в ранние сроки твердения, который в своем составе содержит большое количество (50 % и больше) золы взамен портландцемента

4. Дальнейшие направления исследования должны быть направлены на изучение кинетики твердения бетонов с высоким содержанием золы-уноса, деформационных и эксплуатационных характеристик бетонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. An innovation method in producing high early strength PFA concrete [Текст] / C. S. Poon, S. C. Kou, L. Lam, Z. S. Lin // *Creating with Concrete: International Conf., Dundee, Scotland, UK, 8–10 September 1999* : Proc. / S. C. Kou. – London (England, UK) : Thomas Telford, 1999. – P. 131–138.
2. Beneficiated Fly Ash Versus Normal Fly Ash or Silica Fume [Текст] / M. Collepardi, S. Collepardi, J. J. Olagot Ogoumah, R. Troli // *the 9th CANMET/ACI International Conf. on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, 20–25 May 2007* : Proc. / Ed. V. M. Malhotra. – Warsaw (Poland) : CANMET/ACI, 2007. – P. 1–8.
3. Jones, M. R. Characteristics of the ultrafine component of fly ash [Текст] / M. R. Jones, A. McCarthy, A.P.P.G. Booth // *Fuel*. – 2006. – Volume 85, Issue 16. – P. 2250–2259.
4. Lam, L. Degree of hydration and gel/space ratio of high-volume fly ash/cement systems [Текст] / L. Lam, Y. L. Wong, C. S. Poon // *Cement and Concrete Research*. – 2000. – Vol. 30. – P. 747–756.
5. Li, G. Properties of high-volume fly ash concrete incorporating nano-SiO₂ [Текст] / Gengying Li // *Cement and Concrete Research*. – 2004. – Vol. 34, No 6. – P. 1043–1049.
6. Malhotra, V. M. High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete [Текст] / V. M. Malhotra, P. K. Mehta. – Ottawa : Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., 2002. – 101 p.
7. Mehta, P. K. High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete for Sustainable Development [Текст] / P. K. Mehta // *Intern. Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, 20–21 May 2004* : Proc. / Edited by Kejin Wang. – Beijing (China) : Iowa State University, 2004. – P. 3–13.
8. Hela, R. New Generation Cement Concretes [Текст]. Ideas, Design, Technology and Applications 2 : LLP-Erasmus: 8203-0519/IP/Kosice 03/REN / R. Hela, L. Bodnárová. – Brno : Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, 2009. – 174 p.
9. Poon, C. S. A study on high strength concrete prepared with large volumes of low calcium fly ash [Текст] / C. S. Poon, L. Lam, Y. L. Wong // *Cement and Concrete Research*. – 2000. – Vol. 30. – P. 447–455.
10. Termkhajornkit, P. Role of fly ash on the fluidity of paste [Электронный ресурс] : The Thesis for M. Eng. degree / P. Termkhajornkit. – Sapporo, 2002. – Режим доступа : <http://www.eng.hokudai.ac.jp>.
11. Triboelectrostatic separation of fly ash [Электронный ресурс] : Paper No 10 / Y. Soong, M. R. Schoffstall, G. A. Irdi, T. A. Link // *1999 International Ash Utilization Symposium* / Center for Applied Energy Research, University of Kentucky. – Lexington : KY, 1999. – Режим доступа : <http://www.flyash.info>.
12. Use of a Database of Chemical Mineralogical and Physical Properties of North American Fly Ash to Study the Nature of Fly Ash and its Utilization as a Mineral Admixture in Concrete [Текст] / G. I. McCathy, I. K. Solem, O. E. Manz and D. I. Hassett // *Proc. MRS Symposium «Material Research Society»*. – Pittsburgh, 1999. – Vol. 178. – P. 3–33.
13. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны: научное издание [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 368 с.
14. Инновационные подходы к развитию предприятий, отраслей, комплексов [Текст]. В 2 книгах. Кн. 2 : монография / А. Д. Верховтуров, В. М. Макиенко, А. В. Угляница [и др.]. – Одесса : Купrienko С. В., 2015. – 209 с.
15. Зайченко, Н. М. Бетоны с высоким содержанием золы для массивных железобетонных конструкций [Текст] / Н. М. Зайченко, А. И. Сердюк // *Вісник Донбаської національної будівництва і архітектури*. – 2013. – Вип. 2013-1(99) : Сучасні будівельні матеріали. – С. 137–144.
16. Зимон, А. Д. Адгезия пыли и порошков [Текст] / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1976. – 432 с.
17. Олофинский, Н. Ф. Электрические методы обогащения [Текст] / Н. Ф. Олофинский. – [Изд. 3-е, перераб. и доп.]. – М. : Недра, 1970. – 522 с.
18. Сулейманов, О. А. Электростатическая сепарация, как способ сухой переработки минерального сырья [Электронный ресурс] / О. А. Сулейманов // *Научное пространство Европы* – 2013. – 2013. – Режим доступа : http://www.rusnauka.com/11_NPE_2013/Chimia/5_134046.doc.htm.
19. Admin. Трибоэлектростатическая сепарация [Электронный ресурс] / Admin // : Образовательный блог – всё для учебы. – 31.03.2012. – Режим доступа : <http://all4study.ru/elektrotexnologiya/triboelektrostaticheskaya-separaciya.html>.

Получено 09.12.2015

І. Ю. ПЕТРИК, М. М. ЗАЙЧЕНКО, О. І. СЕРДЮК
ВИСОКОФУНКЦІОНАЛЬНІ БЕТОНИ ЗІ ЗБАГАЧЕНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ
СЕПАРАЦІЄЮ ЗОЛОЮ-ВИНЕСЕННЯ ТЕС
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розроблено експериментальну установку для збагачення золи-винесення ТЕС електричною сепарацією з метою застосування у складах функціональних бетонів, в яких часткова заміна портландцементу

золою-винесення складає більше 50 %. Спосіб збагачення заснований на обробленні золи-винесення, що містить частки з різними електроповерхневими властивостями, у високовольтному електричному полі. Встановлено, що дисперсність золи, а також вміст незгорілих вугільних частинок після оброблення в електричному сепараторі вільного падіння мають неоднакову величину для проб, відібраних з різних зон сепаратора щодо положення електродів. Проби, відібрані з катода і осередків, близьких до катода, містять найбільшу кількість незгорілого вуглецю. Більш висока величина залишку на ситі № 008 для проб з центральних осередків свідчить про недостатньо високу напруженість електричного поля, необхідну для відхилення частинок від вертикальної траєкторії в сторону дії силових полів електродів. Встановлено позитивний вплив електросепарованої золи, використовуваної для часткової заміни портландцементу, на зниження водопотреби цементно-зольних паст і бетонних сумішей. Підвищення рухливості бетонної суміші в результаті слабкої пластифікувальної дії електросепарованої золи-винесення може частково компенсувати зниження міцності бетону, який у своєму складі містить велику кількість золи взамін портландцементу (50 % і більше), особливо в ранні терміни твердіння.

високофункціональний бетон, зола-винесення ТЕС, втрати при прожарюванні, електрична сепарація, електричний заряд, електростатичне поле, рухливість

IRINA PETRIK, NIKOLAI ZAICHENKO, ALEXANDER SERDIUK
HIGHLY FUNCTIONAL CONCRETE WITH ENRICHED ELECTRICAL
SEPARATION OF FLY ASH THERMAL POWER PLANTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The experimental installation has been developed for beneficiating of fly ash thermal power plant electrical separation to be used in the compositions of highly functional concretes in which partial replacement of Portland cement fly ash is more than 50 %. Beneficiating method is based on processing of fly ash, which contains particles with different electrical surface properties in a high electric field. It is determined that the dispersibility of ash and content of the burned coal particles, after treatment in an electric freefall separator are unequal in magnitude for samples taken from different areas of the separator relatively to the electrodes position. The samples taken from the cathode and cells closest to the cathode contain the major amount of unburned carbon. The higher value of residue on sieve № 008 of the sample from the central cells indicates that the electric field, required for the deviation from vertical trajectory of the particles in the direction of action of force fields electrodes is insufficiently high. It is determined that separated electric ash used as a partial replacement of Portland cement influences positively on reduction of water demand of cement-ash pastes and concrete mixtures. Increase of the concrete mixture mobility as a result of weak plasticizing action of electrically separated fly ash can partially compensate the reduction of the concrete, strength which contains a large amount of ash instead of Portland cement (50 % more), especially in the early stages of hardening.

high-performance concrete, fly ash thermal power plant, loss on ignition, electric separation, electric charge, an electrostatic field, mobility

Петрик Ірина Юрїївна – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: високоякісні бетони з високим вмістом золи-винесення ТЕС.

Зайченко Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: технологія та властивості модифікованих високоміцних бетонів.

Сердюк Олександр Іванович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної екології та хімії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка природоохоронних технологій переробки промислових відходів.

Петрик Ирина Юрьевна – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: высококачественные бетоны с высоким содержанием золы-унос ТЭС.

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: технология и свойства модифицированных высокопрочных бетонов.

Сердюк Александр Иванович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и химии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка природоохранных технологий переработки промышленных отходов.

Petrik Irina – Assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-quality concrete with high fly ash thermal power plants.

Zaichenko Nikolai – D.Sc. in Engineering, Professor, the Head of the Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and properties of modified high strength concrete.

Serdiuk Alexander – D.Sc. in Chemistry, Professor, the Head of the Applied Ecology and Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include the development of environmental technologies for processing industrial waste.