

УДК 666.974.2

А. Н. ЕФРЕМОВ, Е. М. БАХАНЕЦ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**КОМПОЗИЦИОННЫЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ
ЖИДКОГО СТЕКЛА, ДОМЕННОГО ГРАНШЛАКА И ЗОЛОШЛАКОВЫХ
ОТХОДОВ ТЭС**

Аннотация. Вяжущее на основе свежемолотого доменного шлака, затворенного дисиликатом натрия, имеет неприемлемо короткие сроки схватывания, 3...15 минут, они сокращаются с повышением плотности дисиликата натрия. Добавки золы-уноса и шлака ТЭС в количестве до 80 % позволяют получать вяжущее активностью 30...80 МПа, что составляет 60...70 % от прочности бездобавочных вяжущих. При этом сроки схватывания увеличиваются до 35...45 минут.

Ключевые слова: шлакощелочные вяжущие на дисиликате натрия.

ВВЕДЕНИЕ

Шлакощелочные бетоны – одни из наиболее перспективных материалов на основе бесклнкерных вяжущих. Они характеризуются высокими технологическими и эксплуатационными свойствами. Шлакощелочные вяжущие – это композиции молотого доменного гранулированного шлака, затворенного водным раствором щелочного компонента. Наиболее типичным щелочным компонентом в них является оксид натрия. При концентрации раствора около 20 % он обеспечивает получение вяжущего марок до 1000–1200, с повышенной скоростью твердения при обычной температуре, при пропаривании и автоклавировании. Однако бетоны из таких композиций вяжущих имеют ряд недостатков:

- вяжущее на основных шлаках, особенно свежемолотых, чрезмерно быстро схватываются – начало и конец схватывания наступают через 3...10 минут, что практически исключает их применение в технологии бетонных и железобетонных конструкций;
- вследствие недостатка активного оксида алюминия в гранулированном доменном шлаке значительная часть оксида натрия низкомолекулярного жидкого стекла в бетоне не связывается в водостойкие соединения и при миграции влаги на поверхности изделий образуются интенсивные высолы, что существенно ухудшает внешний вид конструкций, загрязняет окружающую среду при их смыве атмосферными осадками, удалении ветром;
- наличие свободного оксида натрия повышает гигроскопичность и капиллярный подсос бетонов, чревато их щелочной коррозией;
- из-за кризиса в черной металлургии при существенном снижении производства чугуна доменный гранулированный шлак становится дефицитом.

Поэтому увеличение времени схватывания, расширение сырьевой базы шлакощелочных вяжущих при одновременном синтезе новообразований, связывающих оксид натрия в водостойкие соединения, является актуальной задачей.

Исследованиями [1–4] установлено, что введение до 20...40 % дисперсных золошлаковых отходов в смесь с доменным граншлаком практически не сказывается на снижении активности вяжущих.

Известно [5–6], что зола-унос по структуре существенно отличается от шлака ТЭС. В золе-унос до 40...50 % материала может находиться в кристаллическом состоянии, шлак жидкого удаления на 100 % остеклован. Причем важно, что в золе-унос практически весь оксид алюминия находится в кристаллической фазе. Это, как установлено [7–10], является решающим фактором растворимости оксида алюминия в щелочных растворах и синтеза гидроалюмосиликатов типа $R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot (2-4)SiO_2 \cdot nH_2O$.

Ранее в исследованиях шлакощелочных вяжущих на фактор различной степени аморфизации оксида алюминия в золе-унос и шлаке ТЭС внимание не акцентировалось.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка шлакощелочных вяжущих на основе жидкого стекла с добавками золошлаковых отходов тепловых электростанций (ТЭС), обеспечивающих увеличение сроков схватывания, более высокую степень связывания оксида натрия в водостойкие продукты твердения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовался доменный граншлак Донецкого завода «Донецсталь» с модулем основности 1,25.

Шлак ТЭС получали отсевом из золошлаковой смеси фракции крупнее 0,316 мм с последующим помолом в лабораторной шаровой мельнице до остатка на сите 0,08 мм 12 %. Зола-унос отсеивалась из той же золошлаковой смеси через сито 0,08 с добавлением 12 % фракции 0,08...0,16 мм. Рентгенограммы шлака и золы показали, что шлаковая составляющая практически полностью аморфизирована. В золе присутствует значительное количество кристаллических фаз. Причем глинозем в ней находится в виде кристаллического муллита, плохо растворимого в щелочных водных растворах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты сравнительных исследований влияния содержания золы-унос и молотого шлака ТЭС на активность вяжущего на жидком стекле нормального твердения, пропаренных и автоклавированных приведены на рисунки 1 и 2.

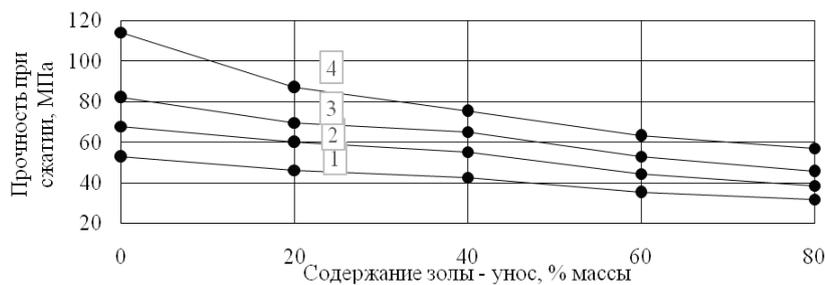


Рисунок 1 – Влияние содержания золы – унос на прочность камня вяжущих: 1 – после 28 суток нормального твердения; 2 – после 90 суток нормального твердения; 3 – после пропаривания; 4 – после автоклавирования.

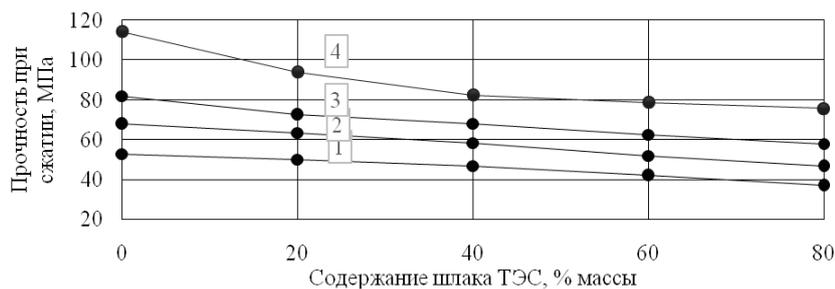


Рисунок 2 – Влияние содержания шлака ТЭС на прочность камня вяжущих: 1 – после 28 суток нормального твердения; 2 – после 90 суток нормального твердения; 3 – после пропаривания; 4 – после автоклавирования.

Их анализ показывает, что при использовании золы эти вяжущие сохраняют в зависимости от условий твердения 65...80 % от прочности бездобавочных композиций. Дальнейшее увеличение содержания золы до 80 % увеличивает спад прочности до 50...60 % и она составляет 31...57 МПа.

Замена золы шлаком ТЭС и увеличение его содержания заметно снижает спад прочности. Так, при введении 80 % шлака остаточная прочность композиций составляет 37...76 МПа, т. е. 65...71 % от прочности бездобавочных вяжущих.

Увеличение плотности раствора дисиликата натрия от 1,20 до 1,25 г/см³ вызывает существенное повышение прочности образцов с добавкой шлака ТЭС. При дальнейшем увеличении плотности раствора до 1,30 г/см³ рост прочности замедляется (рисунки 3 и 4).

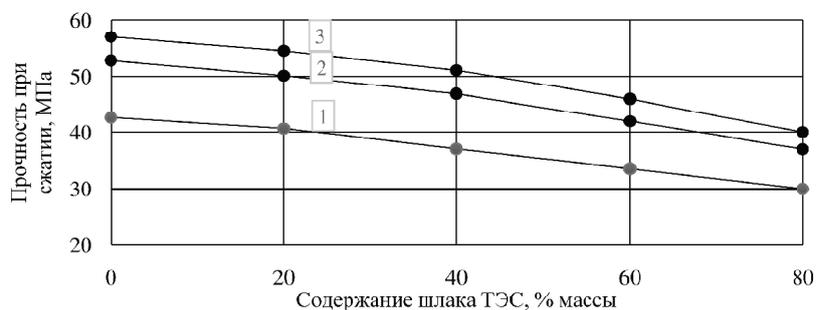


Рисунок 3 – Влияние плотности дисиликата натрия, содержания золошлака на прочность камня вяжущих, при нормальных условиях твердения 28 суток: 1 – плотность 1,20 г/см³; 2 – плотность 1,25 г/см³; 3 – плотность 1,30 г/см³.

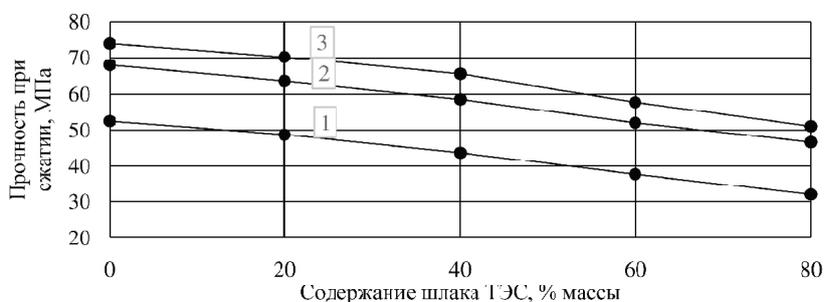


Рисунок 4 – Влияние плотности дисиликата натрия, содержания золошлака на прочность камня вяжущих, при нормальных условиях твердения 90 суток: 1 – плотность 1,20 г/см³; 2 – плотность 1,25 г/см³; 3 – плотность 1,30 г/см³.

В составах с золой-унос увеличение плотности раствора дисиликата натрия также ведет к повышению активности, но оно менее значительно. На рисунках 5 и 6 приведены результаты аналогичных исследований влияния увеличения плотности дисиликата натрия от 1,20 до 1,30 г/см³, и содержания шлака ТЭС на активность вяжущего после пропаривания и актоклавирования.

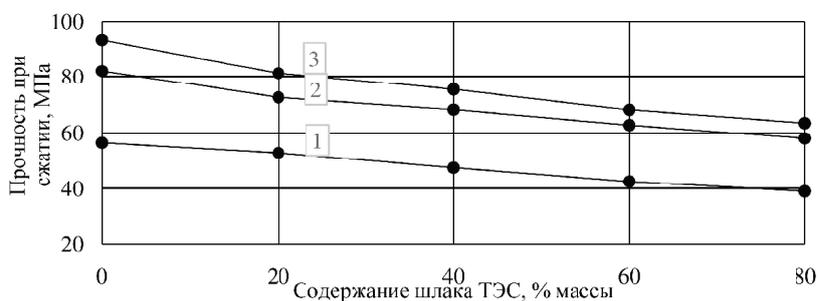


Рисунок 5 – Влияние плотности дисиликата натрия, содержания золошлака на прочность камня вяжущих, при пропаривании: 1 – плотность 1,20 г/см³; 2 – плотность 1,25 г/см³; 3 – плотность 1,30 г/см³.

При затворении раствором плотностью 1,20 г/см³ и введении 80 % шлака остаточная прочность композиций 39 и 42 МПа, т. е. 50...70 % от прочности бездобавочных композиций, против 58 и 76 МПа, т. е. 65...70 % от прочности бездобавочных композиций. При дальнейшем увеличении плотности раствора до 1,30 г/см³ рост прочности также замедляется.

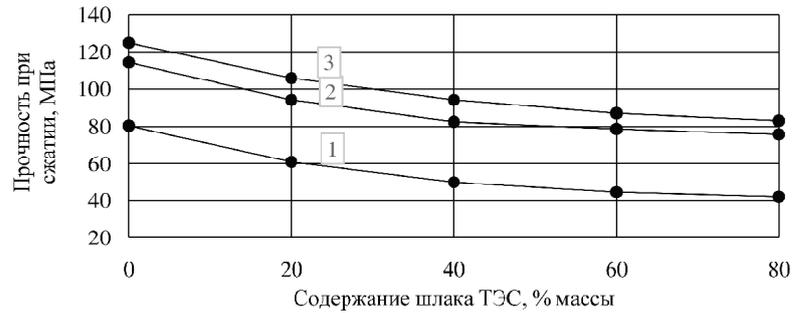


Рисунок 6 – Влияние плотности дисиликата натрия, содержания золошлака на прочность камня вяжущих, при автоклавировании: 1 – плотность 1,20 г/см³; 2 – плотность 1,25 г/см³; 3 – плотность 1,30 г/см³.

На рисунках 7 и 8 приведены результаты исследований влияния содержания золы-унос и шлака ТЭС на сроки схватывания ШЩВ на дисиликате натрия плотностью 1,25 г/см³. Из их анализа можно сделать вывод, что при повышении содержания добавок как золы – унос, так и шлака ТЭС сроки схватывания увеличиваются, однако это увеличение примерно одинаково для композиций как с золой, так и со шлаком.

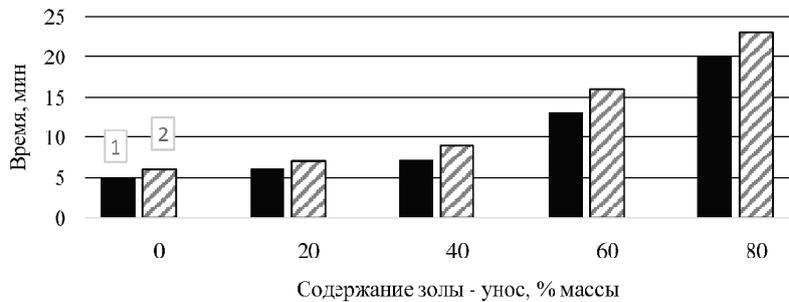


Рисунок 7 – Влияние содержания золы – унос на сроки схватывания ШЩВ на дисиликате натрия плотностью 1,25 г/см³: 1 – начало схватывания; 2 – конец схватывания.

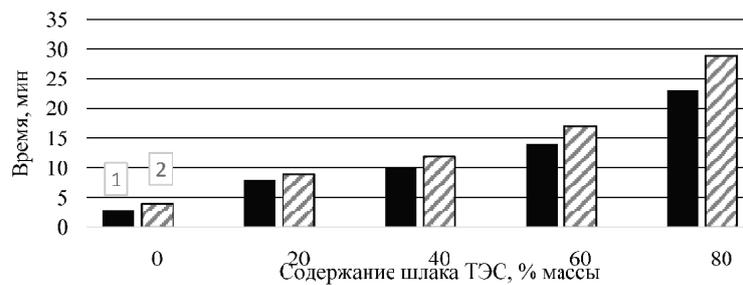


Рисунок 8 – Влияние содержания шлака ТЭС на сроки схватывания ШЩВ на дисиликате натрия плотностью 1,25 г/см³: 1 – начало схватывания; 2 – конец схватывания.

ВЫВОДЫ

1. В шлакощелочных вяжущих на основе раствора дисиликата натрия добавки золы-унос и шлака ТЭС в количестве до 80 % позволяют получать вяжущее активностью 30-80 МПа, что составляет 60...70 % от прочности бездобавочных вяжущих.

2. Дисперсный шлак ТЭС проявляет более высокую активность по отношению к шлакощелочному вяжущему, чем зола – унос, особенно при повышении температуры твердения и плотности раствора дисиликата натрия.

3. Вяжущее на основе свежемолотого доменного шлака, затворенного дисиликатом натрия, имеет неприемлемо короткие сроки схватывания, 3...15 минут, они сокращаются с повышением плотности дисиликата натрия.

4. По мере повышения содержания золы и шлака ТЭС непрерывно удлиняются сроки схватывания. При содержании 80 % золы и шлака ТЭС они составляют 25...30 минут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны [Текст] / [А. А. Волянский, В. Д. Глуховский, В. В. Гончаров и др.] ; Под общ. ред. В. Д. Глуховского. – К. : Вища школа, 1979. – 232 с.
2. Рунова, Р. Ф. Исследование автоклавных щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных материалов [Текст] : автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Р. Ф. Рунова / Киевский инж.-строит. ин-т. – Киев : [б. и.], 1972. – 22 с. : ил.
3. Чиркова, В. В. Материалы на основе стеклоподобных бескальциевых алюмосиликатов и соединений натрия [Текст] : Автореф. дис. кандидата техн. наук (05.23.05) / Чиркова Вера Владимировна / Киев. инж.-строит. ин-т. – Киев : [б. и.], 1974. – 22 с. : ил.
4. Ефремов, А. Н. Шлакощелочные вяжущие и бетоны с повышенными жаростойкими свойствами [Текст] : Дис. кандидата техн. наук: 05.23.05 / Александр Николаевич Ефремов. – К., 1981. – 210 с. : ил. – Библиогр.: – С. 143–162.
5. Волженский, А. В. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А. В. Волженский, И. А. Иванов, Б. Н. Виноградов. – М. : Стройиздат, 1984. – 256 с.
6. Кривенко, П. В. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков [Текст] / П. В. Кривенко, В. И. Гоц и др. – К. : ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258 с.
7. Krivenko, P. Alkaline Cements, Concretes and Structures: 50 Years of Theory and Practice [Текст] / P. Krivenko // International Conference «Alkaline Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 313–347.
8. Krivenko, P. Hydration-Dehydration Structure Formation Processes in Geocements [Текст] / P. Krivenko, G. Kovalchuk // Proceed Intern. Workshop Geopolymers Binder. – Weimar : [S. n.], 2006. – P. 73–90.
9. Palomo, A. Nature of Alkali Aluminosilicate Polimers. Progress on Research and Commercialisation of Geopolymers [Текст] / A. Palomo, A. Fernandez-Jimenez // International Conference «Alkali Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 509–522.
10. Progress on Research and Commercialisation of Geopolymers [Текст] / J. S. J. Van Deventer, J. L. Provis, C. A. Rees et. al. // International Conference «Alkali Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 725–734.
11. Davidovits, J. Geopolymers – inorganic polymeric new materials [Текст] / J. Davidovits // Journal of Thermal Analysis. – 1991. – №37(8). – P. 1633–1656.
12. Rowles, V. Chemical optimization of the compressive strength of aluminosilicate geopolymers synthesised by sodium silicate activation of metakaolinite [Текст] / V. Rowles, B. O'. Connor // Journal of Materials Chemistry. – 2003. – №13(5). – P. 1161–1165.

Получено 19.04.2018

О. М. ЄФРЕМОВ, Є. М. БАХАНЕЦЬ
КОМПОЗИЦІЙНІ ШЛАКОЛУЖНІ В'ЯЖУЧІ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА,
ДОМЕННОГО ГРАНШЛАКУ ТА ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕС
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. В'яжуче на основі свіжемеленого доменного шлаку, замішеного на дисилікаті натрію, має неприйнятно короткі терміни схоплювання, 3...15 хвилин, вони скорочуються з підвищенням щільності дисилікату натрію. Додатки золи-винесення та шлаку ТЕС у кількості до 80 % дозволяють отримувати в'яжучі активністю 30...80 МПа, що становить 60...70 % від міцності бездодаткових в'яжучих. При цьому терміни схоплювання збільшуються до 35...45 хвилин.

Ключові слова: шлаколужні в'яжучі на дисилікаті натрію.

ALEXANDER YEFREMOV, EVGENII BACHANETS
COMPOSITE SLAG-ALKALI BINDERS BASED ON LIQUID GLASS, BLAST
FURNACE SLAG AND ASH AND SLAG WASTES OF TPP
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Astringent based on freshly ground blast furnace slag, closed with sodium disilicate, has an unacceptably short setting time, 3...15 minutes, it is reduced with an increase in the density of sodium disilicate. Additives of fly ash and TPP slag in the amount of up to 80 % allow to obtain astringent activity of 30...80 MPa, which is 60...70 % of the strength of non-additive binders. At the same time, the setting time is increased to 35...45 minutes.

Key words: slag-alkali binders on sodium disilicate.

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, огнеупорные бетоны.

Баханец Евгений Максимович – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: стройматериалы на основе промышленных отходов.

Ефремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі і бетоны на основі промислових відходів, вогнетривкі бетоны.

Баханець Євген Максимович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будматеріали на основі промислових відходів.

Yefremov Alexander – D. Sc. (Eng.), Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

Bachanets Evgenii – Master's degree student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of industrial waste.