

УДК 666.974.2

А. Н. ЕФРЕМОВ, А. Н. ЛИЩЕНКО, Д. Ю. БУКИНА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

БЕСКЛИНКЕРНЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛ И ШЛАКОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования зависимости активности щелочных вяжущих от вида золошлакового отхода тепловых электростанций (ТЭС), концентрации раствора щелочного компонента и длительности твердения в нормальных условиях, при пропаривании и автоклавировании. Установлено, что при твердении в нормальных условиях активность вяжущих незначительная и составляет 2,5...12,0 МПа. При тепловлажностной обработке, особенно автоклавной, она существенно возрастает. Активность щелочных вяжущих на основе шлаков ТЭС в 1,5–2,0 раза превышает активность аналогичных составов на золе-унос. На основе разработанных вяжущих можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно марок 100–200 и 300–400.

Ключевые слова: щелочные вяжущие, зола-унос и шлак тепловых электростанций, твердение в нормальных условиях, при пропаривании и автоклавировании.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных отходов промышленности Донбасса являются золошлаковые отходы тепловых электростанций (ТЭС). Только на семи крупных и средних электростанциях Донбасса, без учета малых ведомственных, при работе на полную мощность ежегодно образуется около семи млн тонн этих отходов. Максимальный уровень их утилизации в конце 80-х годов XX века не превышал 4 %. В основном золошлаковые отходы использовались как активная минеральная добавка и заполнитель в цементных бетонах. Расход отходов ТЭС в таких бетонах колебался от 1 до 10 % от массы бетона.

Новым направлением широкого применения зол и шлаков ТЭС в стройиндустрии может стать производство бетонов на основе щелочных алюмосиликатных вяжущих. Расход золошлаковых отходов в таких бетонах может достигать 98,5 % по массе.

Известно, что зола-унос по структуре существенно отличается от шлака ТЭС [1]. 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 [2–8], является решающим фактором растворимости оксида алюминия в щелочных растворах и синтеза водостойких гидроалюмосиликатов типа $R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot (2-4)SiO_2 \cdot nH_2O$.

Ранее в исследованиях щелочных вяжущих на фактор различной степени аморфизации оксида алюминия в золе-унос и шлаке ТЭС внимание не акцентировалось [9].

Цель работы – получение щелочных алюмосиликатных вяжущих на основе золошлаковых отходов ТЭС путем установления закономерностей влияния их вида (зола, шлак) на процессы синтеза прочности при различных условиях твердения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовался шлак, полученный 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, показанные на рисунке 1, указывают на то, что шлаковая составляющая практически полностью аморфизирована. В золе присутствует значительное количество кристаллических фаз. Причем глинозем в ней находится в виде кристаллического

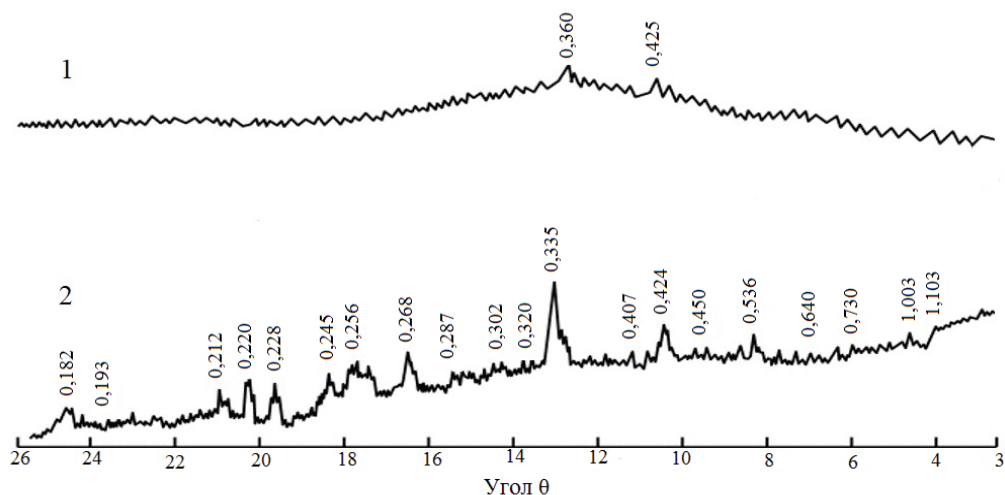


Рисунок 1 – Дифрактограммы: 1 – шлак ТЭС; 2 – зола ТЭС.

муллита, плохо растворимого в щелочных водных растворах (межплоскостные расстояния 0,335, 0,220, 0,341, 0,256 нм).

Испытание прочности производилось на образцах-кубах с ребром 2 см, заформованных из теста нормальной густоты.

Кроме особо оговоренных случаев затворение смесей, производилось раствором щелочного компонента (ЩК) плотностью 1,25 г/см³.

Нормальное твердение образцов происходило над водой, в эксикаторе. Также, исключая отдельные опыты, тепловлажностное твердение осуществляли после 16...20 часов выдержки в формах с изолированной верхней поверхностью по режиму 2,5 + 6 + 2 – 4 часа. Изотермический прогрев при пропаривании производился при температуре 95 °С, при автоклавировании – 173 °С (давление 0,8 МПа).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты сравнительного исследования зависимости активности вяжущих от вида отхода, концентрации раствора ЩК и длительности нормального твердения, приведенные на рисунках 2 и 3, свидетельствуют о низкой активности вяжущих. Однако они показывают, что активность вяжущих на основе шлака существенно превышает активность соответствующих композиций на золе, с увеличением концентрации раствора ЩК прочность образцов из обеих композиций, особенно шлаковых, заметно возрастает, с повышением плотности раствора щелочного компонента прочность вяжущих непрерывно растет.

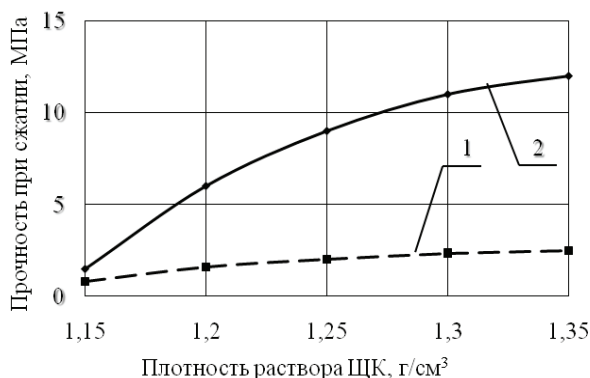


Рисунок 2 – Зависимость активности вяжущих нормального твердения на золе-унос (1) и молотом шлаке (2) ТЭС от плотности раствора ЩК.

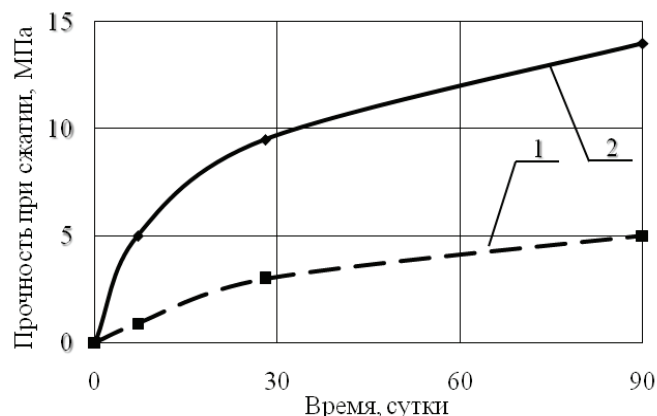


Рисунок 3 – Зависимость активности вяжущих нормального твердения на золе-уносе (1) и молотом шлаке (2) ТЭС от длительности твердения.

Результаты аналогичных исследований пропаренных вяжущих (рисунки 4 и 5), свидетельствуют о существенном росте активности вяжущих, особенно шлаковых, с увеличением плотности раствора ЩК с 1,15 до 1,25 г/см³. Похожий рост прочности образцов наблюдается при увеличении длительности изотермического пропаривания до 6...8 часов. При оптимальной концентрации раствора ЩК – 1,25 г/см³ и оптимальной длительности изотермического пропаривания активность вяжущих на шлаке в 3,0...3,5 раза превышает активность зольных композиций.

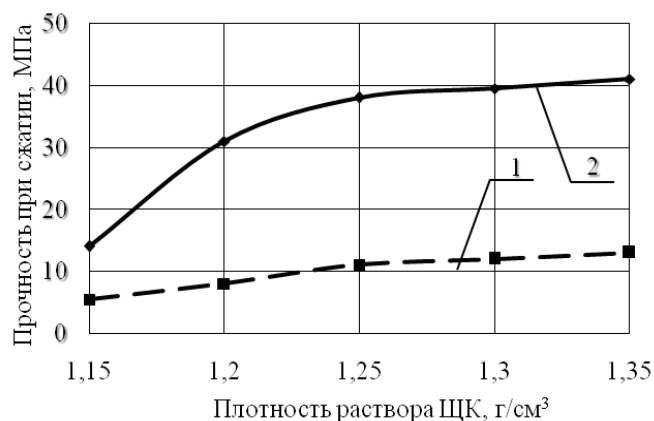


Рисунок 4 – Зависимость активности пропаренных вяжущих на золе-уносе (1) и молотом шлаке (2) ТЭС от плотности раствора ЩК.

Как известно [1], растворимость каркасных силикатов, особенно аморфных, в щелочных растворах резко возрастает при повышении температуры выше 160°. Это, по всей вероятности, и является причиной существенного повышения активности обоих видов вяжущих при автоклавной обработке. По сравнению с пропаренными образцами она возрастает в 1,5...2, раза, до 20...27 МПа на основе золы и до 45...60 МПа на основе шлака (рисунок 6).

ВЫВОДЫ

1. Активность щелочных вяжущих на основе шлаков ТЭС в 1,5...2,0 раза превышает активность аналогичных составов на основе золы-уносе, и основным определяющим фактором этого является практически полная аморфизация шлаков, особенно их алюмосиликатной составляющей, которая в золах в существенной мере закристаллизована.

2. Приемлемую для изготовления бетонов активность 25...35 МПа имеют пропаренные шлаковые вяжущие и автоклавированные зольные композиции, активность шлаковых автоклавированных составов возрастает до 50...65 МПа.

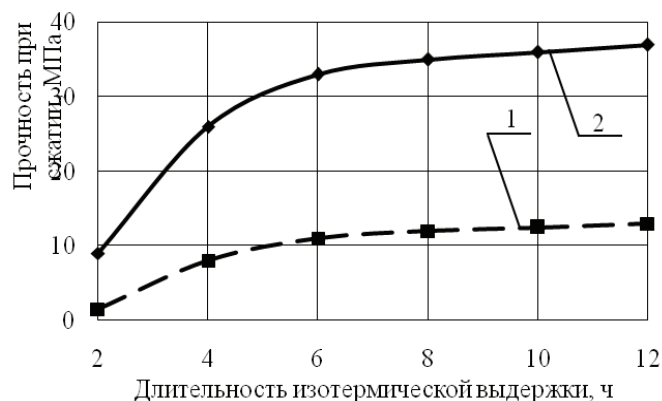


Рисунок 5 – Зависимость активности пропаренных вяжущих на золе-уносе (1) и молотом шлаке (2) ТЭС от длительности твердения.

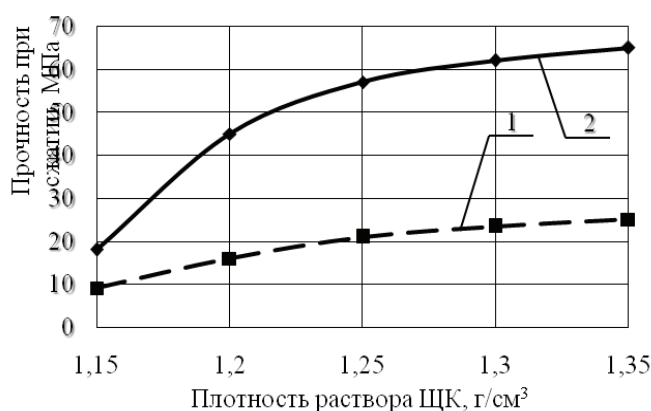


Рисунок 6 – Зависимость активности автоклавированных вяжущих на золе-уносе (1) и молотом шлаке (2) ТЭС от плотности раствора ЩК.

3. На основе разработанных вяжущих можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно марок 100–200 и 300–400.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны [Текст] / Под общ. ред. В. Д. Глуховского. – К. : Вища школа, 1979. – 232 с.
3. Krivenko, P. Alkaline Cements, Concretes and Structures: 50 Years of Theory and Practice [Текст] / P. Krivenko // International Conference «Alkali Activated Materials» – Research, Production and Utilization. – Praha : Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 313–347.
4. Ефремов, А. Н. Огнеупорные бетоны на щелочных вяжущих с повышенными термомеханическими свойствами [Текст] / А. Н. Ефремов, П. В. Кривенко. – Макеевка : ДонНАСА, 2008. – 187 с.
5. 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.
6. 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.
7. Davidovits, J. Geopolymers – inorganic polymeric new materials [Текст] / J. Davidovits // Journal of Thermal Analysis. – 1991. – №37(8). – P. 1633–1656.
8. 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.

9. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Будівельні матеріали. Цементи лужні. Технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-24-95 ; чинні з 2009-08-01 / Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В. Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с.

Получено 16.04.2018

О. М. ЄФРЕМОВ, Г. М. ЛИЩЕНКО, Д. Ю. БУКИНА
БЕЗКЛІНКЕРНІ ЛУЖНІ В'ЯЖУЧІ І БЕТОНИ НА ОСНОВІ ЗОЛ І ШЛАКІВ
ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Наведено результати порівняльного дослідження залежності активності лужних в'язучих від виду золошлакових відходів теплових електростанцій (ТЕС), концентрації розчину лугу і тривалості твердіння в нормальних умовах, при пропарюванні і автоклавованні. Встановлено, що при твердінні в нормальних умовах активність в'язучих незначна і становить 2,5...12,0 МПа. При тепловологісній обробці, особливо автоклавній, вона суттєво зростає. Активність лужних в'язучих на основі шлаків ТЕС в 1,5–2,0 рази перевищує активність аналогічних складів на основі золи-винесення. На основі розроблених в'язучих можна отримувати пропарені та автоклавні бетони відповідно марок 100–200 і 300–400.

Ключові слова: лужні в'язучі, зола-винесення і шлак теплових електростанцій, твердіння в нормальних умовах, при пропарюванні і автоклавованні.

ALEXANDER YEFREMOV, ANNA LISHENKO, DARYA BUKINA
NON-CLINKER ALKALINE BINDERS AND CONCRETES BASED ON ASHES AND
SLAGS OF THERMAL POWER PLANTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The results of a comparative study of the dependence of the activity of alkaline binders on the ash and slag waste type of thermal power plants (TPP), the concentration of the alkali solution and the duration of hardening under normal conditions, with steaming and autoclaving are presented. It was found out that when hardening under normal conditions, the activity of binders is insignificant and is 2.5–12 MPa. With heat and moisture treatment, especially autoclave, it significantly increases. The activity of alkaline binders based on TPP slags is 1.5–2.0 times higher than the activity of similar compositions based on fly ash. Based on the developed binders, it is possible to produce steamed and autoclaved concretes, respectively, of grades 100–200 and 300–400.

Key words: alkaline binders, fly ash and slag of thermal power stations, hardening under normal conditions, with steaming and autoclaving.

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.

Лищенко Анна Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Букина Дарья Юрьевна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе промышленных отходов.

Ефремов Александр Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів, вогнетривкі бетони.

Лищенко Ганна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Букина Дар'я Юріївна – магістрант ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ. Наукові інтереси: бетони на основі промислових відходів.

Yefremov Alexander – D. Sc. (Engineering), a 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.

Lishenko Anna – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat-resistant binders and concretes.

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