

EDN: FILD MF

УДК 691.32

С. В. СОРОКАНИЧ, А. В. ПАРАМОНОВА

ГОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля»

ВЛИЯНИЕ ГЛИНОЗЕМСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКИ НА ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние глиноземсодержащего отхода, образующегося при производстве алюминиевых изделий - алюмошлака, на процессы гидратации цементного камня и его структурообразование. Приведены исходные характеристики глиноземсодержащей добавки алюмошлака, а именно: химический и гранулометрический состав, данные рентгенофазового анализа и рентгенограммы образцов цементного камня с различной концентрацией глиноземсодержащей добавки алюмошлака. По данным рентгенофазового анализа цементного камня с комплексной (АШ+СП-1) добавкой составов №№ 1, 2, 3, 4 и контрольного образца, твердеющих в течение 1, 2, 3 суток, отмечены изменения в интенсивности дифракционных отражений минерала алита, которые характеризуют степень гидратации портландцемента. В то же время для образцов цементного камня №№ 1, 2, 3, 4 наблюдается снижение/повышение интенсивности дифракционных отражений, характерных для минерала портландита в сравнении с образцом контрольного состава. Наблюдается увеличение интенсивности дифракционных отражений, характерных гидроалюминатам кальция в образцах составов №№ 1, 2, 3, 4 в сравнении с образцом контрольного. Вместе с тем наблюдается снижение интенсивности дифракционных отражений минерала этtringит. Эти данные подтверждают показатели прочности цементного камня в разные сроки твердения.

Ключевые слова: добавка - алюмошлак, техногенный отход, гидратация, структурообразование, твердение, прочность, цементный камень.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современном строительстве наиболее распространённым материалом являются цементные бетоны. Требования к современным высокофункциональным цементным бетонам – это высокая прочность, ускоренное твердение, компенсация усадки, высокие физико-механические и эксплуатационные свойства.

Одним из наиболее эффективных способов достичь необходимых характеристик цементных бетонов – это необходимо модифицировать его состав различными минеральными и химическими добавками, в том числе техногенного происхождения.

На предприятиях металлургической и других отраслях промышленности образуются десятки тонн глиноземсодержащих отходов, которые в большинстве своем направляются в отвалы, значительно ухудшая экологическую обстановку. Существующие способы переработки этих отходов не позволяют в полной мере решить задачи использования и устранить экологические проблемы, связанные с их хранением. Поэтому актуальностью темы является возможность применения глиноземсодержащих отходов в строительной индустрии.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Повлиять на процессы гидратации и структурообразования цементного камня можно путем введения в его состав комплексных добавок, ускоряющих набор прочности.

Одним из способов ускорения набора прочности цементных композитов является применение различных химических добавок [1].



Наиболее распространёнными и эффективными являются хлориды и смеси на их основе, сульфаты и гидроксиды алюминия. Но некоторые из этих ускорителей твердения имеют и ряд существенных недостатков.

Так, при использовании хлоридов в качестве ускорителя твердения возникает коррозия стальной арматуры в железобетонных конструкциях, при использовании солей калия и натрия – щелочная коррозия [2–3].

Ускорители твердения на основе натрия углекислого вызывают чрезвычайно быстрое схватывание, что затрудняет процессы бетонирования и не всегда дает возможность уложить бетонную смесь до начала схватывания. Также стоит отметить, что эти добавки не повышают, а в некоторых случаях снижают прочность бетона.

Хлорид кальция CaCl_2 – кальциевая соль соляной кислоты, резко ускоряет кинетику набора прочности как в первые сутки, так и в 28-суточном возрасте. Однако при повышенных дозировках повышает усадку бетона, вызывает коррозию стальной арматуры [1, 2].

Также известны ускорители твердения на основе органических веществ – ди-, триэтаноламины, кальциевые соли муравьиной и уксусной кислот. Недостатками подобных ускорителей является их высокая стоимость и избирательное действие в зависимости от выбранных дозировок и типов цемента [3–4].

Строительная индустрия развивается стремительно и качество строительных материалов, в частности цементов, значительно повысилось: улучшение минералогического состава, совершенствование обжига клинкера, увеличение тонкости помола цемента.

Одно из направлений получения быстротвердеющих и особо быстротвердеющих цементов – это увеличение удельной поверхности рядовых цементов путем их домола на местах, в шаровых и вибромельницах.

Также применяют способ мокрого домола цементов совместно с введением ускоряющих добавок с целью ускорения схватывания и твердения [5–6].

Эти методы являются эффективными, но для их осуществления необходимы дополнительные энергозатраты, что ведёт за собой удорожание конечной продукции.

В связи с этим решения этих проблем можно достичь применением техногенного глиноземсодержащего отхода алюмошлака при производстве композиционных материалов на основе портландцемента.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить свойства техногенного глиноземсодержащего отхода алюмошлака; исследовать влияние минеральной добавки различной концентрации на гидратацию цементного камня.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для исследования процессов гидратации цементного камня использовались составы с суперпластификатором и различной концентрацией минеральной глиноземсодержащей добавки отсева алюмошлака (АШ).

В качестве исходных материалов использовались:

Вязущее: портландцемент ПЦ 500 Д0, ООО «ДОНЦЕМЕНТ», пгт. Новоамвросиевское, Амвросиевский район, $S_{уд.} = 357 \text{ м}^2/\text{кг}$, $R_{28} = 51,2 \text{ МПа}$;

Химическая добавка: относящаяся к пластифицирующему-водоредуцирующему виду, суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП-1»;

Минеральная добавка: техногенный глиноземсодержащий отход – алюмошлак, $\rho_n = 1\,150 \text{ кг/м}^3$;

Вода по ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

Минеральная добавка – отсев глиноземсодержащего отхода алюмошлака. В результате сушки и отсева алюмошлака был получен порошок серого цвета, насыпная плотность – $1\,150 \text{ кг/м}^3$. Глиноземсодержащий отход в исходном виде и в виде отсева приведен на рисунке 1.

Химический состав отсева алюмошлака приведен в таблице 1.

Гранулометрический состав отсева алюмошлака представлен в таблице 2.

Составы смесей для изготовления образцов цементного камня для рентгенофазового анализа приведены в таблице 3.

В таблице 4 приведены прочностные характеристики цементного камня контрольного состава и составов с глиноземсодержащей добавкой различной концентрации.

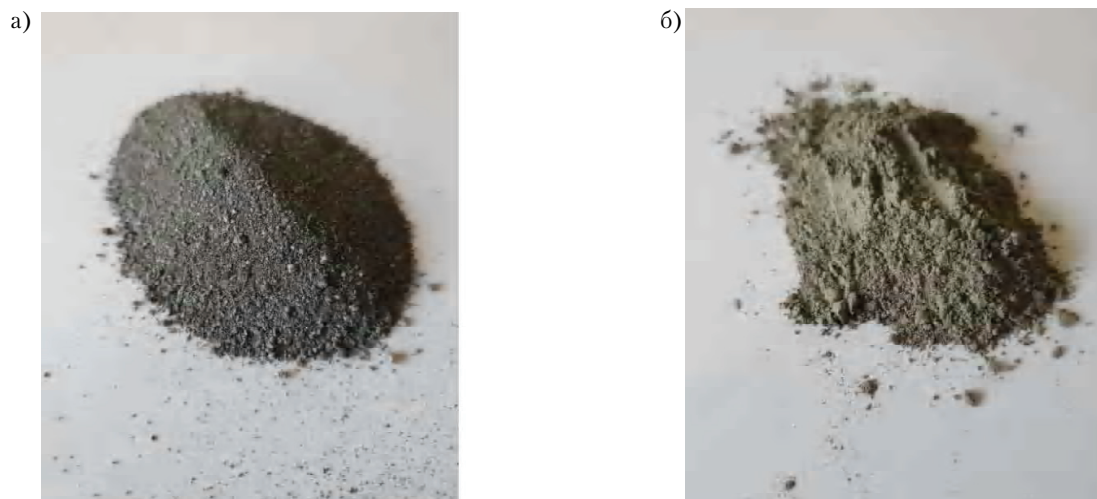


Рисунок 1 - Глиноземсодержащий отход – алюмошлак: а) в исходном состоянии; б) отсев алюмошлака.

Таблица 1 – Химический состав отсева алюмошлака, %

Оксиды	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	TiO ₂ , %	CaO, %	MgO, %	Na ₂ O, %	K ₂ O, %	P ₂ O ₅ , %	SO ₃ , %	Потеря массы при прокаливании, %
Содержание, %	7,48	57,14	3,52	0,384	4,7	2,56	2,92	0,39	0,009	0,08	17,97

Таблица 2 – Гранулометрический состав отсева алюмошлака

Содержание фракций, %	0,10 мм	0,08 мм	0,071мм	0,063 мм	0,050 мм	0,040 мм	Менее 0,040 мм
Отсев алюмошлака	0,70	1,40	44,15	3,60	43,35	0,80	6,00

Таблица 3 – Составы образцов цементного камня для рентгенофазового анализа

Состав №	Компоненты цементного теста, гр (%)					
	ПЦ	СП-1	АШ	В (мл.)	В/Т	В/Т
Контрольный	400	2,4 (0,6)	–	100	0,25	0,25
Состав 1	400	2,4 (0,6)	8 (2)	102	0,25	0,25
Состав 2	400	2,4 (0,6)	16 (4)	104	0,25	0,25
Состав 3	400	2,4 (0,6)	24 (6)	106	0,25	0,25
Состав 4	400	2,4 (0,6)	32 (8)	108	0,25	0,25

Таблица 4 – Прочностные характеристики цементного камня

Состав	Предел прочности R _{сж} , МПа				
	1 сутки	2 сутки	3 сутки	7 сутки	28 сутки
Контрольный (К)	43,8	44	47,5	50	56
Состав 1	52	52,5	54	56,5	60
Состав 2	54,7	55	56	57	66
Состав 3	70	71	78	82	90
Состав 4	25,3	25,5	30	36,5	62,5

По данным рентгенофазового анализа цементного камня с глиноземсодержащей добавкой составов №№ 1,2,3,4 и контрольного состава, твердеющих в течение 1, 2, 3 суток. Отмечены изменения в интенсивности дифракционных отражений минерала алита, внутри каждого состава – снижение интенсивности линий: $d = 0,278; 0,176; 0,155; 0,149$ нм (табл. 5), которые характеризуют степень гидратации портландцемента.

В то же время для образцов цементного камня №№ 1, 2, 3, 4 наблюдается снижение/повышение интенсивности дифракционных отражений, характерных для минерала портландита: $d = 0,493; 0,263; 0,193$ нм в сравнении с образцом контрольного состава. Снижение пиков портландита, вероятно, объясняется связыванием его с силикатными составляющими и переходом в гидросиликаты кальция, что подтверждает рост интенсивности дифракционных отражений линий гидросиликатов кальция С-С-Н: $d = 0,307, 0,212$ нм.

Наблюдается увеличение интенсивности дифракционных отражений, характерных гидроалюминатам кальция в образцах составов №№ 1, 2, 3, 4 в сравнении с образцом контрольного состава: $d = 0,281; 0,230$ нм, что связано с добавлением в эти составы добавки алюмошлака, в результате чего выделяются новые количества кристаллов гидроалюмината кальция и гель гидроокиси алюминия, что и дает раннюю прочность.

Вместе с тем наблюдается снижение интенсивности дифракционных отражений минерала этtringит: $d = 0,215; 0,162$ нм. Это связано с тем, что обладающий игольчатой формой этtringит участвует в формировании ранней прочности камня, как армирующий компонент.

Вышеприведенное описание рентгенограмм объясняет прирост прочности у составов №№ 1, 2, 3, 4 относительно контрольного в возрасте 1, 2, 3 суток.

В возрасте 7 суток твердения отмечены изменения в интенсивности дифракционных отражений минерала алита у составов №№ 1, 2, 3, 4 и контрольного состава – снижение интенсивности линий: $d = 0,278; 0,176; 0,155; 0,149$ нм.

В то же время наблюдается повышение дифракционных отражений гидросиликата кальция $d = 0,307$ нм у образцов составов №№ 1, 2, 3, 4 по сравнению с контрольным. Также отмечается повышение дифракционных отражений гидроалюминатов кальция: $d = 0,281; 0,230$ нм в составах №№ 1, 2, 3, 4, в частности, у образца с концентрацией добавки 6 % (состав № 3), по сравнению с образцом контрольного состава.

Вышесказанное объясняет прирост прочности в возрасте 7 суток в образцах составов №№ 1, 2, 3, 4 с введением минерального модификатора различной концентрации по сравнению с образцом контрольного состава.

В возрасте 28 суток отмечается снижение интенсивности дифракционных отражений основных линий минерала алита: $d = 0,278; 0,176; 0,155; 0,149$ нм в составах №№ 1, 2, 3, 4 и контрольного состава. Также наблюдается значительный рост интенсивности дифракционных отражений основных линий минерала гидросиликата кальция $d = 0,307$ нм в составах №№ 1, 2, 3, 4. Наибольшая интенсивность у образца состава № 3 и линий гидроалюмината кальция: $d = 0,281; 0,230$ нм в составах №№ 1, 2, 3, 4. При этом относительная интенсивность выше у состава № 3 в сравнении с образцом контрольного состава, (табл. 5, рис. 2, 3, 4, 5, 6).

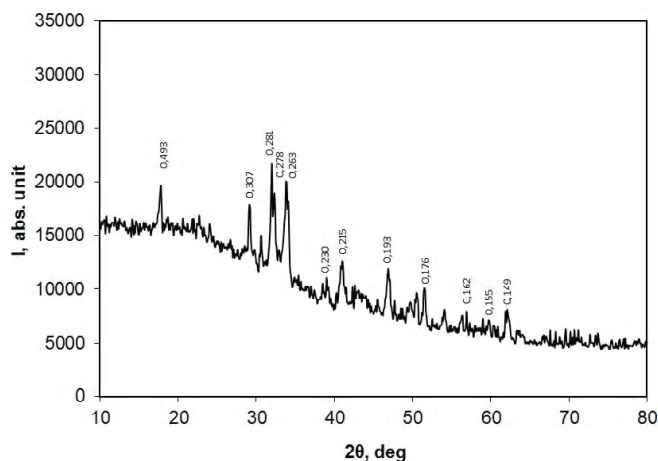


Рисунок 2 – Рентгенограмма контрольного образца цементного камня вяжущего в возрасте 28 суток

Таблица 5 – Интенсивность дифракционных отражений минералов по данным РФА

2θ	d, нм	Интенсивность для проб образцов (№ состава – сроки твердения)														
		К-1	К-2	К-3	К-7	К-28	1-1	1-2	1-3	1-7	1-28	2-1	2-2	2-3	2-7	2-28
Алит – 54CaO·16SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·MgO																
32,2	0,278	155	144,4	133,3	127,8	116,6	183,3	166,6	144,4	111,1	94,44	172,2	150	150	138,8	83,3
51,5	0,176	88,9	88,9	77,8	72,22	66,7	116,6	105,56	100	94,44	88,88	111,1	111,1	94,4	94,4	72,2
59,66	0,155	44,4	44,4	38,89	33,3	27,8	38,8	38,8	33,3	33,3	33,3	27,8	27,8	27,8	–	–
62,2	0,149	66,7	61,1	44,4	38,89	38,89	66,7	61,2	61,2	55,5	55,5	72,2	66,6	66,6	55,5	44,4
Портландит																
17,8	0,493	50	72,2	50	77,7	83,3	55,5	55,5	61,1	61,1	–	44,4	83,3	83,3	61,1	–
34	0,263	205,5	205,5	150	177,7	188,8	200	200	166,6	144,4	122,2	177,7	216,6	177,7	177,7	77,7
46,9	0,193	77,7	88,8	88,8	88,8	88,8	66,6	77,7	77,7	94,4	44,4	83,3	83,3	83,3	88,8	88,8
Гидросиликат кальция																
29,1	0,307	94,4	94,4	100	100	88,8	94,4	100	100	105,5	355,5	83,3	105,5	138,8	138,8	277,7
42,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	83,3	–	–	–	–	–
Гидроалюминат кальция																
32	0,281	138,8	155,5	166,6	166,6	177,7	194,4	194,4	194,4	183,3	183,3	211,1	200	194,4	216,6	222,2
38,5	0,230	61,1	44,4	44,4	55,5	50	50	44,4	33,3	33,3	88,8	44,4	44,4	38,8	27,7	27,7
44,7	0,204	–	–	–	–	–	50	33,3	–	22,2	–	–	–	–	–	–
Эттрицит																
41	0,215	127,7	138,8	100	94,4	77,7	111,1	144,4	127,7	111,1	111,1	116,6	122,2	116,6	94,4	94,4
56,3	0,162	50	50	38,8	44,4	44,4	50	55,5	55,5	61,1	61,1	44,4	61,1	55,5	55,5	55,5
Алит – 54CaO·16SiO ₂ ·Al ₂ O ₃ ·MgO																
32,2	0,278	0,278	177,8	155,5	155,5	155,5	150	66,6	166,7	144,4	144,4	144,4	144,4	116,6	94,4	94,4
51,5	0,176	0,176	100	88,8	88,8	88,8	88,8	72,2	105,5	105,5	105,5	94,4	94,4	88,88	83,3	83,3
59,66	0,155	0,155	33,3	27,7	27,7	27,7	22,2	22,2	44,4	44,4	44,4	–	–	–	–	33,3
62,2	0,149	0,149	77,8	66,6	66,6	66,6	55,5	38,8	72,2	72,2	72,2	66,6	66,6	44,4	44,4	44,4
Портландит																
17,8	0,493	0,493	61,6	61,1	61,1	77,7	77,7	–	94,4	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	–	–
34	0,263	0,263	161,1	200	188,8	188,8	177,7	94,4	216,6	194,4	194,4	172,2	172,2	166,6	111,1	111,1
46,9	0,193	0,193	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	72,2	77,8	77,8	61,1	61,1	61,1	61,1	61,1
Гидросиликат кальция																
29,1	0,307	0,307	111,1	116,6	116,6	116,6	188,8	366,6	100	116,6	116,6	122,2	122,2	194,4	283,3	283,3
42,8	–	–	–	–	–	–	–	77,7	–	–	–	–	–	–	–	61,1
Гидроалюминат кальция																
32	0,281	0,281	250	238,8	227,7	227,7	233,3	238,8	211,1	211,1	211,1	216,6	216,6	211,1	211,1	211,1
38,5	0,230	0,230	33,3	38,8	38,8	22,2	33,3	88,8	33,3	50	50	38,8	38,8	–	–	–
44,7	0,204	0,204	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Эттрицит																
41	0,215	0,215	122,2	127,7	127,7	127,7	144,4	83,3	116,6	122,2	122,2	138,8	138,8	83,3	88,8	88,8
56,3	0,163	0,163	55,5	44,4	44,4	55,5	61,1	50	50	72,2	72,2	55,5	55,5	77,7	77,7	44,4

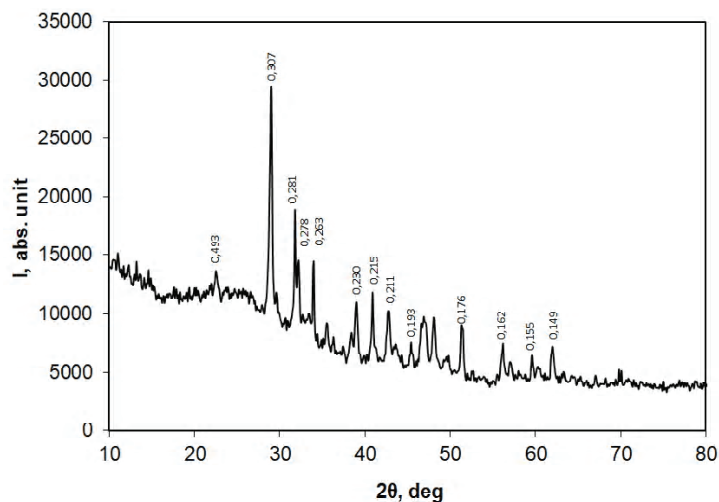


Рисунок 3 – Рентгенограмма образца цементного камня вяжущего № 1 в возрасте 28 суток.

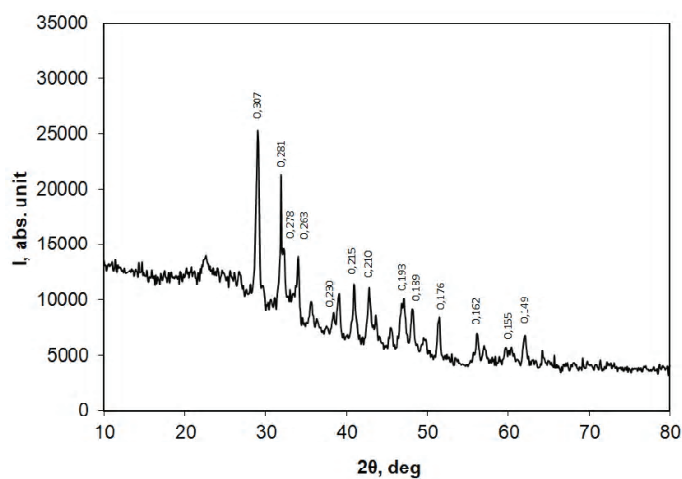


Рисунок 4 – Рентгенограмма образца цементного камня вяжущего № 2 в возрасте 28 суток.

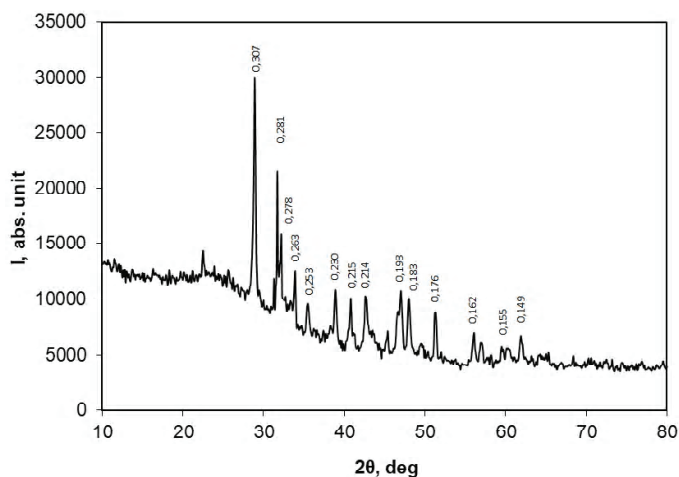


Рисунок 5 – Рентгенограмма образца цементного камня вяжущего № 3 в возрасте 28 суток.

ВЫВОДЫ

1. Повышение показателей прочности у составов с добавкой алюмошлака как в ранние строки твердения цементного камня, так и в проектном возрасте по сравнению с контрольным составом в возрасте

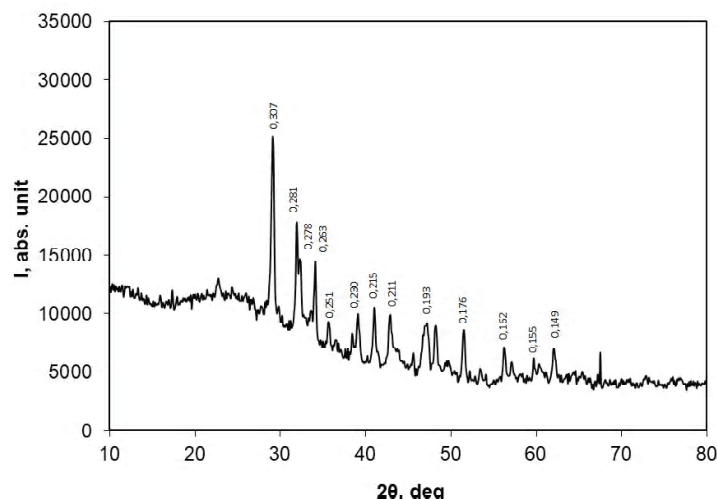


Рисунок 6 – Рентгенограмма образца цементного камня вяжущего № 4 в возрасте 28 суток.

2 суток у состава № 1, 2, 3, на 19,3; 25; 61; % и у составов № 1, 2, 3, 4 в возрасте 28 суток на 7; 17; 60; 11 % соответственно;

2. По данным рентгенофазового анализа цементного камня с комплексной (АШ+СП-1) добавкой составов №№ 1, 2, 3, 4 и контрольного образца, твердеющих в течение 1, 2, 3 суток, отмечены изменения в интенсивности дифракционных отражений минерала алита, которые характеризуют степень гидратации портландцемента. В то же время для образцов цементного камня №№ 1, 2, 3, 4 наблюдается снижение/повышение интенсивности дифракционных отражений, характерных для минерала портландита в сравнении с образцом контрольного состава. Наблюдается увеличение интенсивности дифракционных отражений, характерных гидроалюминатам кальция в образцах составов №№ 1, 2, 3, 4 в сравнении с образцом контрольного. Вместе с тем наблюдается снижение интенсивности дифракционных отражений минерала этtringит. Эти данные подтверждают показатели прочности цементного камня в разные сроки твердения

3. Из вышесказанного следует, что техногенный отход алюмошлак можно использовать при производстве композиционных материалов на основе портландцемента

4. Использование техногенного отхода – алюмошлака при производстве композиционных материалов на основе портландцемента позволит снизить нагрузку на природные ресурсы и улучшить экологическую обстановку в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ружинский, С. И. Ускорители схватывания и твердения в технологии бетонов / И. С. Ружинский. – Текст : непосредственный // Популярное бетоноведение. – 2005. – № 1. – С. 75.
2. Степанов, С. В. Комплексный ускоритель твердения цементных бетонов на основе гальванического алюмошлама : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Степанов Сергей Викторович ; Казанский государственный архитектурно-строительный университет ; Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Казань, 2012. – 20 с. – Текст : непосредственный.
3. Рамачандран, В. С. Наука о бетоне: физико-химическое бетоноведение / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн ; перевод с англ. Т. И. Розенберг, Ю. Б. Ратиновой. – Москва : Стройиздат, 1986. – 278 с. – Текст : непосредственный.
4. Rixom, R. Chemical Admixtures for Concrete / R. Rixom, N. Mailvaganam. – London : E&FN Spon, 1999. – 446 p. – Текст : непосредственный.
5. Мурог, В. Ю. Влияние домола цемента на прочность бетонных изделий / В. Ю. Мурог, П. Е. Вайтехнович. – Текст : электронный // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С. 36–38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9558772> (дата обращения: 13.01.2023).
6. Пименов, С. И. Повышение ранней прочности тяжелых бетонов механохимической активацией цементной суспензии с эффективными суперпластификаторами : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пименов Сергей

Иванович ; Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Казань, 2017. – 20 с. – Текст : непосредственный.

Получена 17.01.2023

Принята 27.01.2023

С. В. СОРОКАНИЧ, А. В. ПАРАМОНОВА
ВПЛИВ ГЛИНОЗЕМНОЇ ДОБАВКИ НА ПРОЦЕСИ ГІДРАТАЦІЇ
ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ
ДОУ ВО «Луганський державний університет ім. В. Даля»

Анотація. У даній статті розглянуто вплив глиноземвмісного відходу, що утворюється при виробництві алюмінієвих виробів – алюмошлаку, на процеси гідратації цементного каменю та його структуроутворення. Наведено вихідні характеристики глиноземвмісної добавки алюмошлаку, а саме: хімічний і гранулометричний склад, дані рентгенофазового аналізу та рентгенограми зразків цементного каменю з різною концентрацією глиноземвмісної добавки алюмошлаку. За даними рентгенофазового аналізу цементного каменю з комплексною (АШ + СП-1) добавкою складів №№ 1, 2, 3, 4 і контрольного зразка, що твердіють протягом 1, 2, 3 діб, відзначені зміни в інтенсивності дифракційних відбитків мінералу аліту, які характеризують ступінь гідратації портландцементу. Водночас для зразків цементного каменю №№ 1, 2, 3, 4 спостерігається зниження/підвищення інтенсивності дифракційних відбитків, характерних для мінералу портландиту порівняно зі зразком контрольного складу. Спостерігається збільшення інтенсивності дифракційних відбитків, характерних гідроалюмінатам кальцію у зразках складів №№ 1, 2, 3, 4 порівняно зі зразком контрольного. Разом з тим спостерігається зниження інтенсивності дифракційних відбитків мінералу етtringіт. Ці дані підтверджують показники міцності цементного каменю в різні терміни твердження.

Ключові слова: добавка – алюмошлак, техногенний відхід, гідратація, структуроутворення, твердіння, міцність, цементний камінь.

STANISLAV SOROKANICH, ANASTASIA PARAMONOVA
INFLUENCE OF ALUMINA-CONTAINING ADDITIVE ON CEMENT STONE
HYDRATION PROCESSES
SEI HE «Lugansk State University named after Volodymyr Dahl»

Abstract. This article discusses the influence of alumina-containing waste generated during the production of aluminum products – aluminum slag, on the processes of hydration of cement stone and its structure formation. Initial characteristics of alumina-containing additive of alumina slag are given, namely: chemical and particle size distribution, X-ray phase analysis data and X-ray images of cement stone samples with different concentration of alumina-containing additive of alumina slag. According to the X-ray phase analysis of cement stone with complex (AS + SP-1) additive of compositions No. 1, 2, 3, 4 and a control sample hardening for 1, 2, 3 days, changes in the intensity of diffraction reflections of the alite mineral were noted, which characterize the degree of hydration of Portland cement. At the same time, for samples of cement stone No. 1, 2, 3, 4, there is a decrease/increase in the intensity of diffraction reflections characteristic of the Portlandite mineral in comparison with the sample of the control composition. There is an increase in the intensity of diffraction reflections characteristic of calcium hydroaluminates in samples of compositions No. 1, 2, 3, 4 compared to the control sample. At the same time, there is a decrease in the intensity of diffraction reflections of the ettringite mineral. These data confirm the strength of the cement stone at different hardening times.

Keywords: additive – alumina slag, technogenic waste, hydration, structure formation, hardening, strength, cement stone.

Сороканич Станислав Васильевич – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства ГОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля». Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Научные интересы: тяжелые бетоны, коррозионная стойкость.

Парамонова Анастасия Владимировна – ассистент кафедры управления жилищно-коммунальным хозяйством ГОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля». Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства. Научные интересы: тяжелые бетоны, ускорители твердения, техногенные отходы.

Сороканич Станіслав Васильович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри міського будівництва та господарства ДООУ ВО «Луганський державний університет ім. В. Даля». Інститут будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства. Наукові інтереси: важкі бетони, корозійна стійкість.

Парамонова Анастасія Володимирівна – асистент кафедри управління житлово-комунальним господарством ДООУ ВО «Луганський державний університет ім. В. Даля». Інститут будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства. Наукові інтереси: важкі бетони, прискорювачі твердіння, техногенні відходи.

Sorokanich Stanislav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Department Urban Construction and Economy, SEI HE «Lugansk State University named after Volodymyr Dahl». Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services. Scientific interests: heavy concrete, corrosion resistance.

Paramonova Anastasia – Assistant, Housing and Communal Services Management Department, SEI HE «Lugansk State University named after Volodymyr Dahl». Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services. Scientific interests: heavy concrete, hardening accelerators, man-made waste..