

УДК 666.974.2

А. Н. ЕФРЕМОВ, М. А. СТЕПАНОВА

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ НА
ОСНОВЕ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ, ВВОДИМОЙ В БЕТОН В
СУХОМ ВИДЕ И В ВИДЕ ВОДНОГО РАСТВОРА**

Аннотация. Установлена возможность введения в шлакощелочной бетон кальцинированной соды в сухом состоянии в составе двухкомпонентного вяжущего при помоле вместе с доменным граншлаком. Для получения бетона с прочностью, соизмеримой с прочностью бетона, приготовленного на предварительно растворенной соде, расход сухой соды должен быть увеличен на 50...70 %. Введение соды в бетонную смесь и ее перемешивание в течение 4–6 минут до введения крупного заполнителя сводят перерасход соды до нуля при использовании холодной воды и до 2–4 минут при применении воды, подогретой до 60 °С.

Ключевые слова: шлакощелочной бетон, кальцинированная сода сухая и в виде раствора, условия твердения, прочность.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Шлакощелочные вяжущие – одни из самых эффективных композиций на основе техногенного сырья. Это двухкомпонентные системы, состоящие из молотого доменного гранулированного шлака, затворенного водным раствором щелочного компонента. Наиболее дешевым и доступным щелочным компонентом является кальцинированная сода – Na_2CO_3 . Именно эти композиции вяжущих нашли наибольшее применение в технологии шлакощелочных бетонов [1–5]. Однако таким композициям присущи следующие недостатки. При обычной температуре раствор кальцинированной соды имеет небольшую предельную растворимость (15...20 %), а при низких температурах она становится недопустимо низкой. Например, при температуре 5–10 °С предельная растворимость раствора составляет 8,2...10,8 % [6, 7], при такой концентрации раствора активность вяжущего низкая, не более 20 МПа [1–5].

В обычной технологии бетоны изготавливаются на заполнителях с достаточно высокой влажностью – в среднем от 2 до 5 % [8, 9]. При общем расходе мелкого и крупного заполнителей 1 700...1 900 кг/м³ вместе с ними в состав бетонной смеси водится 34...95 л воды. При, например, расходе раствора соды в количестве 180 л/м³ вода заполнителей может снизить общую концентрацию раствора щелочного компонента на 20...50 %, что недопустимо снизит прочность бетона.

Ликвидировать эти недостатки или свести их до минимума можно при использовании кальцинированной соды в сухом виде, вводя ее в граншлак при помоле либо в бетонную смесь при ее приготовлении.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка технологии шлакощелочных бетонов с использованием сухой кальцинированной соды, что позволит вводить в бетон определенное ее количество и обеспечит стабильность прочностных показателей бетона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовался доменный граншлак Донецкого завода «Донецксталь» с модулем основности 1,25 и с остатком на сите 0,08 мм после помола в лабораторной шаровой мельнице – 8,5 %.

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок Кутейниковского карьера с модулем крупности 1,44 и содержанием пылеватых и глинистых примесей 2,6 %. Крупный заполнитель из гранита фракции 5...10 мм имел марку по дробимости 1 200.

Испытание прочности проводилось на образцах-кубах с ребром 7,07 см, изготовленных из подвижных смесей. Формование и испытание смесей и бетонов проводилась по стандартным методикам. Образцы твердели в нормальных условиях в камере с гидрозатвором и при пропаривании (95 °С) по режиму: 2,5 + 6 + 2,5 часа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

В таблице 1 приведены результаты сравнительных испытаний бетона, изготовленного из мало-подвижных (2...3 см) бетонных смесей на растворенной и сухой соде. Сравнительный анализ бетонов составов 1 и 2 с одинаковым расходом растворенной и сухой соды показывает, что при всех условиях твердения бетон на сухой соде, просеянной через сито 0,16 мм, имеет прочность в 1,5...1,7 раза ниже, чем бетон на растворе соды.

Таблица 1 – Зависимость прочности бетона от способа ввода кальцинированной соды, ее расхода в сухом состоянии, длительности условий твердения

№ состава	Расход материалов, кг/м ³					раствор соды, л	Прочность при сжатии, МПа, после		
	граншлак	гранит	песок	сода сухая	вода		28 суток НТ	90 суток НТ	пропаривания
1	365	1 100	700	–	–	190(35*)	35,4	43,7	37,3
2	365	1 100	700	35	190	–	21,2	27,9	23,1
3	350	1 100	700	50	190	–	25,0	32,5	27,8
4	335	1 100	700	65	190	–	28,7	37,0	31,6

*Примечание: указано содержание сухой соды в растворе плотностью 1,17 г/см³ (концентрация 160 г/л).

Увеличение расхода сухой соды повышает прочность бетонов составов 3–4, но она остаётся заметно ниже, чем бетона на растворенной соде.

Увеличение расхода воды затворения в более подвижных смесях на сухой соде сокращает разницу в прочностных показателях с составами на растворенной соде при одинаковом ее расходе в пересчете на сухое вещество (таблица 2). Однако даже в высокоподвижных смесях с осадкой конуса 13...14 см разница в прочностных показателях остается большой.

Таблица 2 – Зависимость прочности бетона от способа ввода кальцинированной соды, ее расхода в виде раствора и в сухом состоянии, длительности и условий твердения

№ состава	Расход материалов, кг/м ³					Раствор соды, л*	ОК, см	Прочность при сжатии, МПа, после		
	граншлак	гранит	песок	сода сухая	вода			28 суток	90 суток	пропаривания
1	365	1 100	700	–	–	190(35)	2	35,4	43,7	37,3
2	360	1 084	690	–	–	205(37,8)	8,5	32,2	39,8	34,3
3	357	1 067	679	–	–	220(40,5)	13	29,6	36,5	32,0
4	365	1 100	700	35	190	–	2	21,2	26,9	23,1
5	360	1 084	690	37,8	205	–	9	22,5	27,4	24,0
6	357	1 067	679	40,5	220	–	14	23,8	28,5	25,7

*Примечание: указано содержание сухой соды в растворе плотностью 1,17 г/см³ (концентрация 160 г/л), сода в составах 2 и 3 растворялась в воде с температурой 60 °С.

Кальцинированная сода быстро растворяется в холодной и особенно горячей воде. Проведены исследования возможности растворения соды при предварительном перемешивании смеси без крупного заполнителя с последующим его введением. Результаты этих исследований, приведенные в таблице 3, показывают, что уже при 4–6 минутном предварительном перемешивании прочность бетона

Таблица 3 – Зависимость прочности бетона от способа ввода кальцинированной соды, времени ее предварительного перемешивания с бетонной смесью без крупного заполнителя, длительности и условий твердения

№ состава	Расход материалов, кг/м ³					Раствор соды, л*	Время перемешивания, мин.	Прочность при сжатии, МПа, после		
	граншлак	гранит	песок	сода сухая	вода			28 суток	90 суток	пропаривания
1	365	1 100	700	–	–	190(35)	0	35,4	43,7	37,3
2	365	1 100	700	35	190	–	0	21,2	26,9	23,1
3	365	1 100	700	35	190	–	2	30,8	37,5	32,6
4	365	1 100	700	35	190	–	4	33,5	40,7	35,1
5	365	1 100	700	35	190	–	6	35,7	42,4	37,0

*Примечание: время предварительного перемешивания песка, граншлака, сухой соды и воды.

с использованием сухой соды практически выравнивается с бетоном из смеси на заранее растворенной соде.

Применение горячей воды с температурой 60 °С ускоряет растворение соды, введенной в смесь без крупного заполнителя. Для выравнивания показателей прочности бетона на растворенной и сухой соде достаточно 2–4 минуты предварительного перемешивания (таблица 4).

Таблица 4 – Зависимость прочности бетона от способа ввода кальцинированной соды, времени ее предварительного перемешивания с бетонной смесью без крупного заполнителя, температуры воды затворения, длительности и условий твердения

№ состава	Расход материалов, кг/м ³					Раствор соды, л*	Время перемешивания, мин.	Прочность при сжатии, МПа, после		
	граншлак	гранит	песок	сода сухая	вода			28 суток	90 суток	пропаривания
1	365	1 100	700	–	–	190(35)	0	35,4	43,7	37,3
2	365	1 100	700	35	190	–	2	33,8	42,5	35,0
3	365	1 100	700	35	190	–	4	35,8	43,2	36,8
4	365	1 100	700	35	190	–	6	35,3	43,2	36,8

*Примечание: время предварительного перемешивания песка, граншлака, сухой соды и воды с температурой 60 °С.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность введения в шлакощелочной бетон кальцинированной соды в сухом состоянии в составе двухкомпонентного вяжущего, например, при ее помоле вместе с доменным граншлаком, но для получения бетона с прочностью, соизмеримой с прочностью бетона, приготовленного на предварительно растворенной соде, расход сухой соды должен быть увеличен на 50...70 %.

2. Введение сухой соды в бетонную смесь и ее перемешивание в течение 4–6 минут до введения крупного заполнителя практически сводят перерасход соды до нуля при использовании холодной воды и до 2...4 минут при применении воды, подогретой до 60 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глуховский, В. Д. Шлакощелочные цементы и бетоны [Текст] / В. Д. Глуховский, В. А. Пахомов. – К. : Будівельник, 1978. – 184 с.
2. Кривенко, П. В. Специальные шлакощелочные цементы [Текст] / П. В. Кривенко. – К. : Будівельник, 1992. – 192 с.
3. Глуховский, В. Д. Шлакощелочные вяжущие и бетоны [Текст] / В. Д. Глуховский и др. // Сборник научных трудов. – Вып. 119 / Магнитогорский горно-металлургический ин-т. – Магнитогорск : [б. и.], – 1973. – С. 55–57.
4. Бетоны на шлакощелочных вяжущих [Текст] / В. Д. Глуховский, И. А. Пашков, Г. С. Ростовская и др. // Бетон и железобетон. – 1975. – № 3. – С. 12–13.
5. 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.

6. Горюновский, И. Т. Краткий справочник химика [Текст] / И. Т. Горюновский, Ю. П. Назаренко, Е. Ф. Некряч. – К. : Наукова думка, 1974. – 991 с.
7. Круглый, С. М. Производство хлора, каустической соды и водорода [Текст] : учебник для профес.-техн. училищ. – М. : Высш. школа, 1967. – 268 с.
8. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю. М. Баженов. – М. : АСВ, 2007. – 524 с.
9. Горчаков, Г. И. Строительные материалы [Текст] / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. – М. : Высшая школа, 1986. – 564 с.

Получено 20.04.2018

О. М. ЄФРЕМОВ, М. О. СТЕПАНОВА
ПОРІВНЯЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ШЛАКОЛУЖНИХ В'ЯЖУЧИХ НА ОСНОВІ
КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ, ЯКА ВВОДИТЬСЯ В БЕТОН У СУХОМУ
ВИГЛЯДІ І У ВИГЛЯДІ ВОДНОГО РОЗЧИНУ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Встановлено можливість введення в шлаколушний бетон кальцинованої соди в сухому стані в складі двокомпонентного в'язучого при помелі разом з доменним граншлаком. Для отримання бетону з міцністю, сумірною з міцністю бетону, приготовленого на попередньо розчиненій соді, витрата сухої соди повинна бути збільшена на 50...70 %. Введення соди в бетонну суміш і її перемішування протягом 4–6 хвилин до введення крупного заповнювача зводять перевитрату соди до нуля при використанні холодної води і до 2–4 хвилин при застосуванні води, підігрітої до 60 °С.

Ключові слова: шлаколушний бетон, кальцинована сода суха і у вигляді розчину, умови твердіння, міцність.

ALEXANDER YEFREMOV, MARIYA STEPANOVA
COMPARATIVE PROPERTIES OF LUMINOUS BINDERS ON THE BASIS OF
SODA ASH, INTRODUCED IN CONCRETE IN THE DRY AND AS WATER
SOLUTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The possibility of introducing soda ash into the slag-alkali concrete in a dry state in the composition of a bicomponent binder during grinding along with a blast-furnace slag has been found out. For the production of concrete with strength comparable to the strength of concrete prepared on pre-dissolved soda, the consumption of dry soda should be increased by 50...70 %. The introduction of soda into the concrete mix and its mixing for 4–6 minutes before the introduction of coarse aggregate reduces the overconsumption of soda to zero with the use of cold water and up to 2–4 minutes when using water heated to 60°C.

Key words: slag-alkaline concrete, soda ash is dry and in the form of a solution, hardening conditions, strength.

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.

Степанова Мария Александровна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе промышленных отходов.

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

Степанова Марія Олександрівна – магистрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони 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.

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