

**В.В. ПІСЧАНСЬКА**, канд. техн. наук, **І.О. СОЛОВЬОВА**, аспірант,  
**Ю.А. ОНАСЕНКО**, аспірант,  
 Національна металургійна академія України

### ПРОБЛЕМИ УЩІЛЬНЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ БЕТОНІВ

У статті наведено результати досліджень щодо впливу кількості пластифікаторних добавок та частоти вібраційного формування на властивості низькоцементних вогнетривких бетонів. Встановлено оптимальну кількість пластифікаторів, вологості маси і частоти віброформування низькоцементних бетонів корундового складу.

In the article the results of researches of the influence of the quantities of plasticizers and frequency of vibrating formation on the properties of low-cement of refractories concrete. The optimum amount of plasticizers, molding moisture content and frequency of vibrating formation in low cement castables corundum structure is established.

**Постановка проблеми.** Функціональна залежність властивостей виробів з вогнетривких бетонів нового покоління від природи і якості мінеральних компонентів, речовинного і зернового складу заповнювача та матриці, вологості і режиму приготування маси, параметрів віброформування і термічної обробки визначає необхідність подальшого дослідження впливу технологічних параметрів виробництва бетонів на їх якісні показники [1, 2].

Однією з основних задач у технології виготовлення бетонів є отримання бетонів з гранично щільною упаковкою компонентів для забезпечення мінімальної пористості бетону і високої міцності [1 – 4]. Це потребує досягнення певного компромісу при виборі вологості маси, яка забезпечує необхідну рухливість і легкоукладаємість маси, та параметрів віброформування, які обумовлюють додаткову активуючу дію на текучість суміші. Ефективним способом спрямованого регулювання реологічними властивостями бетонних мас є застосування хімічних добавок (пластифікаторів, диспергаторів, дефлюкулянтів), які знижують водопотребу сумішей, позитивно впливають на ущільнення бетонних мас, і як наслідок зменшують пористість бетонів та покращують їх міцнісні характеристики у широкому діапазоні температур.

Враховуючи багатofакторну індивідуальну залежність реологічних властивостей низькоцементних бетонів від параметрів їх виготовлення, важливим завданням є вибір виду і кількості добавок та вологості сумішей у поєд-

нанні із визначенням ефективних для ущільнення бетонних мас параметрів вібраційного формування [1, 3].

**Аналіз останніх досліджень.** До хімічних добавок, що впливають на текучість бетонних сумішей, а також дозволяють регулювати терміни тужавлення і твердіння композиційних матеріалів, відносяться фосфати натрію (пірофосфат, безводний поліфосфат натрію, триполіфосфат), добавки групи полікарбоксилатних ефірів, добавки на основі солей натру (продукт конденсації нафталінусульфокислоти і формальдегіду, та ін.) [5 – 10]. Використання комплексних добавок поліфункціональної дії, які складаються з неорганічної та органічної складової, наприклад, тексаметафосфат натру та полікарбоксилатний ефір, суперпластифікатор марки СБ та триполіфосфат натру, підвищує розріджуючий ефект і поліпшує тужавлення цементу [11 – 13]. Слід зазначити, що в літературі відомості щодо впливу параметрів віброформування на властивості бетонів обмежені, і проведення досліджень в цьому напрямку має практичне значення в технології виготовлення бетонних виробів.

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є визначення впливу виду індивідуальних та комплексних добавок поліфункціональної дії, кількості вологості, що вноситься в суміш, і частоти віброформування на показники властивостей низькоцементних корундових бетонів.

**Виклад основного матеріалу.** Компоненти бетонної суміші, яка складалася з 75 % заповнювача (електрокорунд фр. 6 – 0 мм) і 25 % матриці (тонкодисперсна суміш електрокорунду та цементу Secar-71), змінювали протягом 2 хв., і після затвору водопровідною водою, що вводилась понад 100 %, перемішували масу 5 хв. Хімічні добавки – триполіфосфат натру (ТПФН) і суперпластифікатор С-3 вводили водним розчином в кількості 0,1 % ТПФН від маси бетонної суміші і 0,14 % та 0,27 % С-3 від маси цементу.

Експериментальні зразки-куби з ребром 40 мм виготовляли методом вібраційного формування в розбірні металеві форми при частоті 60 Гц і 85 Гц, які щільно тиснули на повітрі протягом 3-х діб термообробляли при 110 °С (24 год.) і 1000 °С (3 год.). Визначення показників властивостей бетонів здійснювали згідно вимог стандартів: уявну щільність і відкриту пористість відповідно до ГОСТ 2409-95, граничну міцність при стиску – ГОСТ 4071.1-94.

Результати визначення показників властивостей бетонних зразків після термічної обробки наведено в таблиці

Незалежно від частоти віброформування вливання в бетонну суміш хімічних добавок сприяє зменшенню воли затвору, підвищує текучість і рухо-

мість маси, покращує ущільнення маси при формуванні і позитивно впливає на показники властивостей бетону після термічної обробки.

Таблиця

Показники властивостей низькоцементних корундових бетонів

Частота, Гц	Добавка		Кількість води (показ 100%)	Уявна щільність, г/см <sup>3</sup>	Відкрита пористість, %	Границя міцності при стиску, Н/мм <sup>2</sup>
	вил. марка	кількість, %				
60	ТПФН	0,1	5,8	3,28	10,10	44,0
				3,20	15,97	45,7
	С-3	0,14	5,7	3,21	13,05	20,5
				3,11	18,27	30,2
	С-3	0,27	5,6	3,22	12,63	24,4
				3,13	17,81	34,2
	ТПФН	0,1	5,4	3,28	11,03	40,3
				3,21	16,41	42,3
	ТПФН	0,1	5,2	3,29	10,62	53,8
				3,23	16,21	49,0
С-3	0,27	6,2	3,12	14,55	13,3	
			3,07	19,33	23,1	
85	ТПФН	0,1	5,3	3,25	11,68	25,6
				3,20	15,83	29,0
С-3	0,14	5,5	3,24	12,10	25,1	
			3,17	16,31	32,8	
-	С-3	0,27	5,2	3,23	12,70	17,1
				3,15	16,88	26,7
	ТПФН	0,1	4,8	3,31	9,74	45,4
				3,24	14,87	60,0
	ТПФН	0,1	4,6	3,31	9,93	46,7
				3,20	15,90	53,3
	-	0	5,7	3,22	14,02	10,0
				3,14	17,55	22,5

Чисельник - 110 °С (24 години), знаменник - 1000 °С (3 години).

За рахунок водоредуруючої дії та пластифікуючого ефекту хімічних добавок кількість води, що вводиться в суміш, зменшується на 0,2 - 1,1 % і на 0,4 - 1,0 % для частот формування 85 Гц та 60 Гц відповідно. Порівняльний аналіз показників властивостей бетонів з індивідуальними добавками, які сформовано при частоті 60 Гц, підтверджує ефективність використання ТПФН в якості дефлокулянта цементу Secar-71 [14].

Використання ТПФН обумовлює підвищення щільності бетону на 0,06 - 0,07 г/см<sup>3</sup> і на 0,7 - 0,9 г/см<sup>3</sup>, механічної міцності на 19,6-23,5 Н/мм<sup>2</sup> і на 11,5 - 15,5 Н/мм<sup>2</sup>, зниження відкритої пористості на 2,53 - 2,95 % і 1,84 - 2,3 % для температур термообробки 110 °С і 1000 °С відповідно. Підвищення кількості добавки С-3 знижує кількість води затвору на 0,1 - 0,2 %, підвищує легкоукладальність бетонної маси, але не забезпечує необхідного ущільнення і погіршує показники властивостей бетонних зразків.

Суттєве зниження водопотреби (до 5,2 % і 5,4 %) забезпечує використання комплексних добавок ТПФН і С-3, при цьому ефект їх використання збільшується у порівнянні з ефективністю дії індивідуальних добавок.

Підвищення кількості С-3 у складі комплексної добавки до 0,27 % обумовлює досягнення мінімальної пористості 10,32 % і 16,21 %, максимальної механічної міцності 53,8 Н/мм<sup>2</sup> і 49 Н/мм<sup>2</sup> при температурах 110 °С і 1000 °С відповідно.

Значне зменшення водопотреби та зміння формувальних властивостей мас спостерігається при частоті вібрації 85 Гц. Легкоукладаємість бетонних мас при використанні індивідуальних добавок досягається при кількості води затвору 5,3 % (ТПФН) і 5,5 % та 5,2 % (С-3). Зміння структурно-реологічних властивостей мас з добавкою С-3 в умовах високої частоти вібрації призводить до погіршення властивостей бетонів з підвищенням вмісту суперпластифікатору. Так, збільшення кількості С-3 з 0,14 % до 0,27 % супроводжується зменшенням уявної щільності на 0,01 - 0,02 г/см<sup>3</sup> та границі міцності при стиску на 8 - 6,1 Н/мм<sup>2</sup>, збільшенням пористості 0,6 - 0,57 % зразків після термообробки при 110 °С і 1000 °С відповідно (таблиця). Рівень властивостей бетонів, які містять добавку ТПФН, незначно відрізняється від відповідних показників бетонних зразків з вмістом С-3 0,14 %.

Звертає увагу той факт, що підвищення частоти вібрації при формуванні бетонів з добавкою ТПФН, незважаючи на зменшення кількості води затвору з 5,8 % до 5,3 % призводить до підвищення пористості бетону та зменшення механічної міцності в 1,7 - 1,6 рази. Аналогічна тенденція має місце для бетонів, що містять добавку С-3 у кількості 0,27 %.

Використання комплексних добавок при частоті 85 Гц сприяє виявленню синергетичного ефекту, який обумовлює значне зниження води затвору бетонних сумішей до 4,8 % і 4,6 %, досягнення при температурах 110 °С і 1000 °С мінімальної пористості 9,74 - 9,93 % і 14,87 - 15,90 %, високої міцності 45,4 - 46,7 Н/мм<sup>2</sup> і 60 - 53,3 Н/мм<sup>2</sup> відповідно.

Таким чином, для даних умов досліджень доцільно використовувати комплексні добавки поліфункціональної дії: 0,1 % ТПФ і 0,27 % С-3 при частоті віброформування низькокомпресійного корундового бетону 60 Гц, 0,1 % ТПФ і 0,14 % С-3 при частоті 85 Гц.

**Висновки.** Проведеними дослідженнями показано ефективність використання комплексних добавок поліфункціональної дії – триполіфосфату натру суперпластифікатору С-3. Оптимальне поєднання складу комплексної добавки і параметрів вібраційної дії на бетонні маси дозволяє інтенсифікувати реологічний ефект і є ефективним інструментом спрямованого регулювання структурно-реологічними властивостями бетонних мас, що дозволяє отримати бетони з заданими показниками властивостей.

Список літератури: 1. *Павлюк Ю.В.* Неформонные огнеупоры: справоч. изд. в 2 т. / Ю.В. Павлюк. – М.: Теплоэнергетик, 2005. – Т. 1. Книга 1. Общие вопросы технологии. – 2005. – 448 с. 2. *Семченко Г.Д.* Неформонные огнеупоры: учеб. пособие / Г.Д. Семченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – 304 с. 3. *Уман Н.В.* Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.В. Уман. – М.: Химия, 1968. – 256 с. 4. Влияние технологии и параметров на свойства корундовых высококомпресийных бетонов / И.А. Вайсман, В.В. Писанецкий, Н.В. Шайченко и др. // Сборник НТУ «ХПИ». – 2006. – № 20. – С. 63–67. 5. *Наседа М.Д.* Регуляторы реологических свойств неформонных огнеупоров / М.Д. Наседа, К.П. Золотой // Новые огнеупоры. – 2003. – № 9. – С. 44–48. 6. *Павлюк Ю.В.* Диспергирующие (деагломерационные) глиноземы / Ю.В. Павлюк, Н.В. Дьяков // Новые огнеупоры. – 2004. – № 7. – С. 29–38. 7. *Парр Н.* Адюванты тяжелые цементы для бетонов с пониженным содержанием цемента / Н. Парр, Ф. Стиллинг, В. Фриш и др. // Новые огнеупоры. – 2006. – № 4. – С. 135–141. 8. *Васильев П.Г.* Новые диспергаторы (деагломеранты) для производства огнеупорных бетонов / П.Г. Васильев // Новые огнеупоры. – 2003. – № 8. – С. 28–31. 9. *Линдер У.* Применение поликарбонатных эфиров в качестве доадвантов в огнеупорных бетонах / У. Линдер, К. Витт, Я. Зейдлер // Огнеупоры и технические керамики. – 2007. – № 12. – С. 43–47. 10. *Байкина Л.А.* Влияние вида и количества пластифицирующих добавок на свойства корундового и шамотного бетонов с содержанием СаО более 3 мас. % / Л.А. Байкина, Л.Н. Савицкая, Н.В. Лещин и др. // 26. наук. збірн. ВАТ «УкрНДНП ім. А.С. Бєрежного». – Харків: Карпати, 2006. – № 106. – С. 63–70. 11. *Сурда С.* Факторы, влияющие на свойства высокоалюминатных саморазрушающихся бетонов / С. Сурда, Р. Мазбан, М.В. Адиби и др. // Новые огнеупоры. – 2006. – № 6. – С. 54–58. 12. *Павлюк Ю.В.* Оптимизация разрыхляющих добавок на реологические свойства ВКВС бетонов / Ю.В. Павлюк, Ю.Н. Ермак, А.В. Черволин и др. // Новые огнеупоры. – 2003. – № 5. – С. 91–97. 13. *Демченко Д.Е.* Деагломерационные огнеупорные бетоны с высоким содержанием цемента / Д.Е. Демченко, М.Е. Попович, М.В. Масишин // Новые огнеупоры. – 2008. – № 1. – С. 44–48.

Надійшло до редакції 13.06.10

**Ю.А. ОНАСЕНКО**, аспирант  
Национальная металлургическая академия Украины

### ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ВЫГОРАЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ЛЕГКОВЕСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Приведено експериментальні дослідження щодо вивчення впливу гранулометричного складу вигоряючої добавки на властивості легковесних изделий. Використано симплекс-метод планування експерименту. Наведено результати оптимізації зернового складу добавки для виробництва легковесних шамотних керамічних виробів.

Experimental researches have been conducted to study the influence of granularity of burning admixtures by using simplex method of experiment planning. The results of optimization of granularity of burning admixtures for light-weight heat-resistant wares production are shown.

**Постановка проблемы.** Перспективным направлением в решении задач экономии топливно-энергетических ресурсов является использование высокоэффективных способов изоляции тепловых агрегатов, позволяющих снизить потери тепла в окружающую среду, и как следствие, уменьшить потребление тепловой энергии на проведение высокотемпературных процессов [1, 2].

В настоящее время наряду с использованием новых видов теплоизоляционных материалов (пенобетонов, волокнистых огнеупоров и т.д.) применяются шамотные теплоизоляционные изделия, обладающие высоким тепловым сопротивлением [1 – 3]. Шамотные легковесные огнеупоры марок ПЛ-1,0 и ШКЛ-1,3 изготавливают по методу введения выгорающих добавок. Существенным недостатком этих огнеупоров является их низкая механическая прочность, что определяет недостаточную конструкционную прочность теплоизоляционной футеровки агрегатов. Учитывая это, совершенствование технологии производства легковесных огнеупоров, направленное на повышение механической прочности изделий при сохранении их теплофизических характеристик является актуальным.

**Анализ последних исследований.** К известным технологическим способам регулирования плотности и свойств теплоизоляционных изделий относятся: подбор вида выгорающей добавки, использование пористых заполни-