

А. Ю. Конопляник /к. т. н./

Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры,
г. Днипро, Украина

И. М. Ильев /к. т. н./

Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры,
г. Днипро, Украина

Влияние вида добавок на технологические характеристики огнеупорных смесей

А. У. Konoplianyk /Cand. Sci. (Tech.)/

Pridneprovskaya State Academy of Civil
Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine

I. M. Iliev /Cand. Sci. (Tech.)/

Pridneprovskaya State Academy of Civil
Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine

The effect of the type of additives on the technological characteristics of refractory mixtures

Цель. Улучшение технологичности огнеупорных бетонных смесей и качества монолитных футеровок тепловых агрегатов и конструкций.

Методика. Улучшена технологичность смеси за счет введения в ее состав добавок вспученного перлитового песка.

Результаты. Разработанные составы огнеупорных смесей с добавками перлитового песка в количестве 0,1–1,8 % позволяют одновременно обеспечить необходимую удобоукладываемость и структурную прочность смесей.

Научная новизна. Установлен эффект «пластинчатого скольжения» зерен заполнителя между пластинками перлита, обеспечивающий одновременное улучшение удобоукладываемости и структурной прочности смесей.

Практическая значимость. Позволяет обеспечить улучшение качества монолитных футеровок металлургических агрегатов и конструкций. (Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.)

Ключевые слова: футеровка, качество футеровки, огнеупорная смесь, удобоукладываемость, структурная прочность, добавки, вспученный перлитовый песок.

Постановка проблемы. В настоящее время в практике металлургии для изготовления монолитных футеровок металлургических агрегатов и конструкций широкое применение находят жаростойкие бетоны, которые формуруются в основном методами виброуплотнения и литья. Примером применения таких бетонов могут служить футеровки сталеразливочных ковшей, прибыльных надставок, сталевыпускных желобов, фурменных приборов, элементов нагревательных колодцев и др. Учитывая высокие температуры службы таких агрегатов и конструкций, а также агрессивное воздействие расплавленного металла и шлака, особое внимание уделяется качеству футеровки (равномерность структуры, ровная и гладкая поверхность, неизменяемость формы в ранние сроки распалубки).

С точки зрения службы наиболее предпочтительными являются жесткие бетонные смеси, обеспечивающие после виброуплотнения высокие

прочностные, деформативные и огневые характеристики футеровки.

Применение для изготовления футеровок прибыльных надставок [1; 2] жестких бетонных смесей, содержащих шамотный заполнитель, алюмосиликатную тонкомолотую добавку, жидкое стекло и феррохромовый шлак, показало, что они обладают недостаточной технологичностью, а именно невозможностью **одновременно** получить необходимую **удобоукладываемость** (обеспечивающую равномерную структуру и качественную поверхность футеровки) и достаточную **структурную прочность** свежееотформованной смеси (обеспечивающую неизменность геометрических размеров футеровки и возможность съема надставок с вибросердечника в ранние сроки до начала процессов структурообразования смеси).

При попытке улучшить удобоукладываемость смеси путем повышения расхода жидкого стекла резко снижается структурная прочность свежее-

ОГНЕУПОРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

отформованной смеси, и при съеме надставки с вибросердечника футеровка за счет пластической деформации теряет приданную ей форму.

Огнеупорная смесь с пониженным, по сравнению с оптимальным, расходом жидкого стекла, обладает необходимой структурной прочностью, однако не позволяет получить равноплотную с хорошим качеством поверхность футеровки.

То есть налицо техническое противоречие – оптимальная по удобоукладываемости смесь не имеет достаточной структурной прочности и, наоборот, смесь, обладающая достаточной структурной прочностью и обеспечивающая ускоренные сроки ее схватывания, не обладает необходимой удобоукладываемостью.

Отмеченный недостаток проявляется в большей мере при изготовлении тонкостенных футеровок, например, постоянного и рабочего слоев прибыльной надставки. Из-за недостаточной структурной прочности бетонной смеси изготовленный постоянный слой (имеющий большую длину поверхности, чем рабочий слой) при снятии съемного сердечника изменяет приданную ему форму. При этом деформируется его поверхность, находящаяся в контакте с рабочим слоем, что затрудняет смещение рабочего слоя относительно постоянного при удалении рабочего слоя после его износа. Аналогичные недостатки тонкостенных комбинированных футеровок отмечены в работе [3].

Следует отметить, что ранее были исследованы различные технологические приемы повышения качества футеровки при введении в ее состав легких заполнителей, и в частности вспученного пер-

литового песка [4, с. 42–43]. Однако при этом не была достигнута необходимая технологичность смесей, обеспечивающая качество изготовления футеровки. В частности применение огнеупорных смесей на перлитовом песке обеспечивало повышение их структурной прочности, однако при этом резко ухудшалась подвижность (удобоукладываемость) смесей. Увеличение подвижности смеси авторы достигали только путем предварительного насыщения перлитового заполнителя водой, однако при этом структурная прочность смесей была низка.

Цель. Учитывая вышеизложенное, ставилась задача повышения качества футеровки за счет одновременного улучшения удобоукладываемости и повышения структурной прочности огнеупорной смеси.

Изложение основного материала. Методика исследования. При решении этой задачи экспериментальным путем было установлено положительное влияние небольших добавок вспученного перлитового песка.

Количественная оценка влияния добавок вспученного перлитового песка была проведена с распространенными при изготовлении футеровок алюмосиликатными тонкомолотыми добавками – дистенсиллиманитовым концентратом и катализатором ИМ-2201.

В табл. 1 приведены составы огнеупорных смесей с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201, а в табл. 2 – из дистенсиллиманитового концентрата.

Каждый состав огнеупорной смеси готовили отдельно. В бетономешалку помещали шамотный

Таблица 1

Составы огнеупорных смесей с алюмосиликатной тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201

Наименование компонентов	№ составов / содержание компонентов, мас %											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шамотный заполнитель фракции 0,14–20 мм	63,3	63,0	60,8	60,0	58,5	58,4	57,4	55,7	53,4	52,8	52,5	52,1
Катализатор ИМ-2201	20,4	20,5	21,5	21,6	22,0	22,2	22,3	22,3	22,5	22,6	22,7	22,8
Жидкое стекло	14,5	14,6	15,1	15,4	16,0	15,8	16,5	17,2	19,6	19,9	20,0	20,2
Феррохромовый шлак	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Вспученный перлитовый песок	–	0,1	0,7	1,1	1,5	1,6	1,7	1,8	2,5	2,7	2,8	2,9

Таблица 2

Составы огнеупорных смесей с алюмосиликатной тонкомолотой добавкой из дистенсиллиманитового концентрата

Наименование компонентов	№ составов / содержание компонентов, мас %											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Шамотный заполнитель фракции 0,14–20 мм	63,9	63,6	61,8	60,8	59,1	58,8	58,3	58,0	56,1	55,4	55,0	54,6
Дистенсиллиманитовый концентрат	18,3	18,4	19,0	19,4	19,7	19,9	20,1	20,1	20,2	20,3	20,3	20,4
Жидкое стекло	16,0	16,1	16,6	17,0	17,7	17,7	17,9	18,1	19,2	19,6	19,9	20,1
Феррохромовый шлак	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Вспученный перлитовый песок	–	0,1	0,7	1,1	1,5	1,6	1,7	1,8	2,5	2,7	2,8	2,9

заполнитель, тонкомолотую добавку, феррохромовый шлак, перлитовый песок и перемешивали сыпучие компоненты в течение 2 мин, затем вливали жидкое стекло и тщательно перемешивали смесь в течение 3 мин. Образцы изготавливали методом вибрирования на стандартном вибростоле.

Удобоукладываемость огнеупорной смеси определяли в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 10181.1-81).

Структурную прочность свежееотформованной смеси определяли путем испытания на сжатие образцов размером 5×5×5 см через 10, 20 и 30 мин после затворения смеси жидким стеклом. Испытания выполняли на гидравлическом прессе малой мощности, оснащенный манометром с ценой деления 10 кгс. Скорость повышения нагрузки составляла 2-3 кгс в секунду.

Показатели удобоукладываемости и структурной прочности огнеупорных смесей в зависимости от расхода перлитового песка приведены на рис. 1, 2.

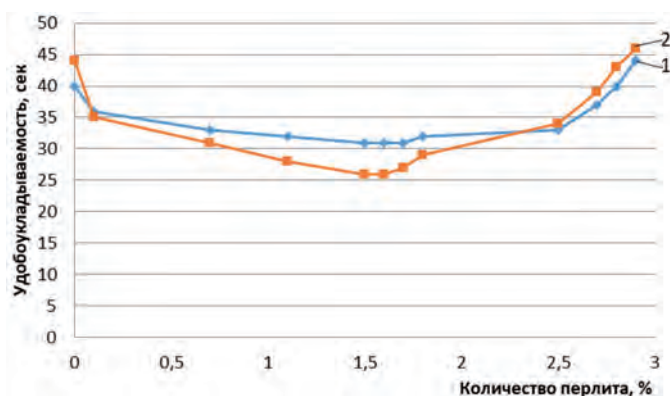


Рис. 1. Удобоукладываемость огнеупорных смесей: 1 – с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201; 2 – с тонкомолотой добавкой из дистенсиллиманитового концентрата

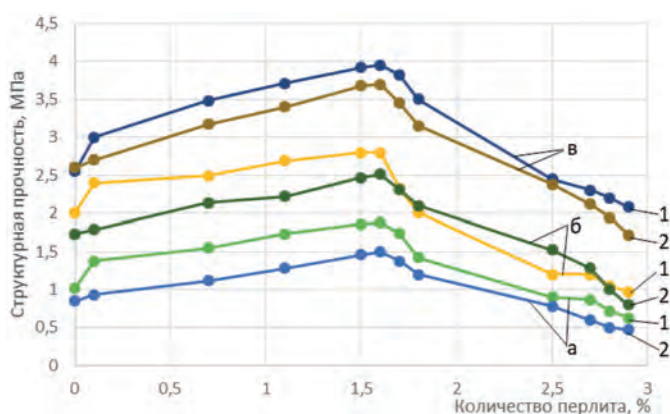


Рис. 2. Структурная прочность огнеупорных смесей: 1 – с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201; 2 – с тонкомолотой добавкой из дистенсиллиманитового концентрата; а – через 10 мин после затворения смеси; б – через 20 мин; в – через 30 мин

Как видно из рис. 1, удобоукладываемость исходных огнеупорных смесей без добавки (составы 1 и 13) начинает улучшаться при введении в их состав вспученного перлитового песка в количестве 0,1 %. Максимальное содержание перлитового песка, при котором имеет место улучшение удобоукладываемости, равно 2,7 % для составов с катализатором ИМ-2201 и 2,8 % для составов с дистенсиллиманитовым концентратом. Дальнейшее увеличение содержания в составах смесей перлитового песка ухудшает удобоукладываемость огнеупорных смесей. Наилучшая удобоукладываемость огнеупорных смесей – 31 сек достигается при введении перлитового песка в количестве 1,5-1,7 % для составов с катализатором ИМ-2201 (составы 4-6) и 26 сек – для составов с дистенсиллиманитовым концентратом (составы 15-16) при введении перлитового песка в количестве 1,5-1,6 %.

Структурная прочность огнеупорных смесей также улучшается при введении в их состав вспученного перлитового песка в количестве 0,1 % (рис. 2).

Максимальное содержание перлитового песка, при котором имеет место улучшение структурной прочности для обоих типов составов, равно 1,8 %. Дальнейшее увеличение содержания перлитового песка ухудшает структурную прочность огнеупорных смесей. Наилучшая структурная прочность смесей достигается при введении в их состав перлитового песка в количестве 1,5-1,6 %. При этом структурная прочность составов с тонкомолотой добавкой из катализатора ИМ-2201 через 30 мин после затворения смеси составляет 3,92-3,95 МПа, а составов с тонкомолотой добавкой из дистенсиллиманитового концентрата – 3,68-3,7 МПа.

Таким образом, результаты испытания огнеупорных смесей показали, что при введении в их состав вспученного перлитового песка в пределах 0,1-1,8 % достигается одновременное улучшение удобоукладываемости и повышение структурной прочности смесей.

По нашему мнению, одновременное улучшение удобоукладываемости и повышение структурной прочности смесей достигается за счет положительного эффекта «пластинчатого скольжения». Суть этого явления заключается в том, что в процессе виброуплотнения смеси между зернами шамота располагаются «пластинки» перлита в минимальном, но достаточном количестве. При этом происходит скольжение зерен заполнителя по поверхности пластинок перлита (рис. 3), а удобоукладываемость смеси улучшается более эффективно, чем параллельно идущий и ухудшающий удобоукладываемость процесс отсоса влаги из цементного теста.

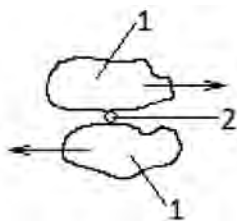


Рис. 3. Характеристика эффекта «пластинчатого скольжения»:

1 – зерна шамота; 2 – пластинка перлита

Выводы и перспектива развития направления. Опытным путем установлено положительное влияние небольшого количества добавок впущенного перлитового песка на одновременное улучшение удобоукладываемости и повышение структурной прочности огнеупорных смесей. Оптимальное содержание добавок перлитового песка, обеспечивающее необходимые технологические характеристики смеси, находится в пределах 0,1–1,8 %. Установлен эффект «пластинчатого скольжения» зерен заполнителя между пластинками перлита, обеспечивающий одновременное улучшение удобоукладываемости и структурной прочности смесей. Введение в состав смеси установленного количества добавки перлитового песка рекомендуется для улучшения технологичности смеси и качества монолитных футеровок тепловых агрегатов и конструкций.

Библиографический список / References

1. Завадский М. Я. Применение жаростойкого бетона в футеровке прибыльных надставок изложниц для слитков массой 24 т / М. Я. Завадский, А. Ю. Конопляник, А. И. Белкин // Огнеупоры. – 1990. – № 7. – С. 52–56.
Zavadskiy M. Ya., Konoplyanik A. Yu., Belkin A. I. *Primenenie zharostoykogo betona v futerovke pribyl'nykh nadstavok izlozhnits dlya slitkov massoy 24 t* [The use of heat-resistant concrete in the lining of profitable extensions of ingot molds for ingots weighing 24 tons]. *Ogneupory* [Refractories]. 1990, no. 7, pp. 52-56.
2. Завадский М. Я. Технология изготовления футеровки прибыльных надставок из жаростойкого бетона / М. Я. Завадский, В. М. Прядко, А. Ю. Конопляник // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической информации. – 1991. – № 11. – С. 72–74.
Zavadskiy M. Ya., Pryadko V. M., Konoplyanik A. Yu. *Tekhnologiya izgotovleniya futerovki pribyl'nykh nadstavok iz zharostoykogo betona* [The technology

of lining profitable supplements from refractory concrete]. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy informatsii* [Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific and technical information]. 1991, no. 11, pp. 72-74.

3. Ткаченко Э. А. Методика расчета несущей способности шпинельсодержащих футеровок металлургических агрегатов / Э. А. Ткаченко, В. А. Ермократьев, В. С. Гришин // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2014. – № 4. – С. 79–83.

Tkachenko E. A., Ermokrat'ev V. A., Grishin V. S. *Metodika rascheta nesushchey sposobnosti shpinel'soderzhashchikh futerovok metallurgicheskikh agregatov* [Method for calculating the bearing capacity of spinel-bearing linings of metallurgical aggregates]. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'* [Metallurgical and mining industry]. 2014, no. 4, pp. 79-83.

4. Майзель И. Л. Жаропрочный теплоизоляционный перлитобетон / И. Л. Майзель, М. Ф. Сухарев. – М.: Стройиздат, 1965. – 128 с.

Mayzel' I. L., Sukharev M. F. *Zharoprochnyy teploizolyatsionnyy perlitobeton* [Heat-resistant thermal insulation perlite concrete]. Moscow, Stroyizdat, 1965, 128 p.

Purpose. Improving the processability of refractory concrete mixes and the quality of monolithic lining of thermal aggregates and structures.

Methodology. Improved processability of the mixture due to the introduction of additives of expanded perlite sand into its composition.

Findings. The developed compositions of refractory mixtures with perlitic sand additives in an amount of 0,1–1,8 % allow simultaneously ensuring the necessary workability and structural strength of the mixtures.

Originality. The effect of «plastic sliding» of aggregate grains between perlite plates is established, which simultaneously improves the workability and structural strength of the mixtures.

Practical value. It allows to provide improvement of quality of monolithic lining of metallurgical aggregates and structures.

Key words: lining, lining quality, refractory mixture, workability, structural strength, additives, expanded perlite sand.

Рекомендована к публикации
д. т. н. В. В. Примаченко

Поступила 08.02.2018