ЛИТЕЙНЫЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 621.742.4

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-7-254-41-45

Н. А. Кидалов, Н. В. Григорьева, А. В. Орлова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЩЕЛАЧЕННЫХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: mitlp@vstu.ru

В работе представлены результаты исследования влияния оше­ла­чен­ных лигносульфонатов технических на физико-механические и технологические свойства жидкостекольных смесей. В результате исследования выбран состав, при котором достигается наименьший показатель остаточной прочности. С помощью двух-лучевого электронного сканирующего микроскопа «Versa 3D» рассмотрена структура жидкостекольных пленок на огнеупорном кварцевом наполнителе с целью выявления дефектов, обеспечивающих снижение остаточной прочности.

Ключевые слова: кварцевый песок, поверхность зерна, водный раствор силиката натрия, жидкое стекло, остаточная прочность, лигносульфонаты технические.

N. A. Kidalov, N. V. Grigorieva, A. V. Orlova

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF LEALED TECHNICAL LIGNOSULPHANATES ON THE PHYSICAL-MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LIQUID-GLASS MIXTURES

Volgograd State Technical University

The paper presents the results of a study of the effect of technical alkalized lignosulfonates on the physicomachanical and technological properties of liquid glass mixtures. As a result of the study, a composition was selected that achieved the lowest residual strength. Using a two-beam scanning electron microscope "Versa 3D", the structure of liquid glass films on a refractory quartz filler is examined with the aim of defects that provide a decrease in residual strength.

Keywords: quartz sand, grain, aqueous sodium silicate solution, liquid glass, residual strength, technical lignosulfonates.

В настоящее время жидкое стекло является одним из распространенных связующих материалов при изготовлении формовочных и стержневых смесей для литейного производства, что связано с рядом его положительных качеств, таких как нетоксичность, относительно низкая стоимость, высокая связующая способность и т. д. [1,2].

Для получения смесей с заданными свойствами необходимо особое внимание уделять качеству используемых исходных материалов. Наличие различных примесей на поверхности зерен огнеупорного наполнителя, шерохова-

тость поверхности оказывают большое влияние на исходную прочность жидкостекольных смесей. В связи с этим следует уделять внимание активации поверхности, причем не только наполнителя, но и добавок, введение которых необходимо для обеспечения требуемого уровня технологических свойств смесей. При этом необходимо учитывать сложность выбивных операций после заливки металла в форму [3–4].

Из приведенных выше требований универсальным является введение в смесь недорогих органических добавок, обеспечивающих высокую исходную прочность жидкостекольных

смесей, а также снижающих остаточную прочность при высокотемпературном воздействии. Процесс разупрочнения при вводе данных добавок реализуется за счет выгорания органической части и (или) выделения газов CO и CO_2 . При этом внутри формы при выходе газов образуются поры, сопровождающие нарушение целостности пленки связующего, что положительно скажется на выбиваемости жидкостекольных смесей [5–7]. Для достижения поставленных целей в данной работе в качестве добавки использовались лигносульфонаты технические (ЛСТ) – продукты переработки древесины, содержащие смесь натриевых солей лигносульфоновых кислот. ЛСТ обладают универсальными свойствами поверхностно-активных веществ, характеризующихся пластифицирующим и диспергирующим действием [4]. При использовании связующих на основе лигносульфонатов происходит снижение себестоимости годного сырья, уменьшение осыпаемости стержней, снижение температуры и сокращение времени теплового отверждения. Согласно работам Н. Х. Иванова [8–10] для повышения исходной прочности жидкостекольных смесей с добавлением ЛСТ необходимо предварительное ощелачивание связующего.

Целью данной работы является исследование влияния ощелаченных лигносульфонатов технических (ОЛСТ) на физико-механические и технологические свойства жидкостекольных смесей.

Ощелачивание лигносульфонатов технических проводили 34%-м раствором едкого натра. В предварительно разбавленный водой ЛСТ до необходимой плотности вводили раствор щелочи в соотношении 100/30. Время выдержки составляло двое суток.

Для исследования влияния ощелаченных лигносульфонатов технических на физико-механические и технологические свойства жидкостекольных смесей были изготовлены жидкостекольные смеси с различным содержанием связующего, в качестве наполнителя для которых использовался кварцевый песок марки $1\text{K}_2\text{O}_3\text{O}_3$. Состав смесей представлен в табл. 1.

После приготовления смеси проходили исследование, включающее в себя определение технологических характеристик, таких как влажность, газопроницаемость, прочность (во влаж-

ном состоянии), предел прочности как на сжатие, так и на разрыв, а также гигроскопичность и осыпаемость. Исследование образцов проводилось согласно методикам, установленным в соответствующих ГОСТах [11–12].

Таблица 1

Состав смесей

Шифр смеси	Состав смесей, мас. ч.		
	Кварцевый песок $1\text{K}_2\text{O}_3\text{O}_3$	Жидкое стекло	ОЛСТ (сверх 100 мас. ч.)
1	97	3	–
2	97	3	2
3	97	3	3
4	97	3	4
5	96	4	–
6	96	4	2
7	96	4	3
8	96	4	4
9	95	5	–
10	95	5	2
11	95	5	3

В табл. 2 представлены результаты физико-механических и технологических свойств жидкостекольных смесей с добавлением ОЛСТ.

Согласно полученным результатам можно сделать вывод о том, что добавление ощелаченных лигносульфонатов технических положительно влияет на прочностные характеристики жидкостекольных смесей. Физико-механические свойства смесей соответствуют технологическим параметрам, обеспечивающим процесс изготовления форм и стержней.

Для определения остаточной прочности из исследуемых смесей были изготовлены стандартные цилиндрические образцы диаметром и высотой 0,05 м по ГОСТ 23409.7-78. Далее образцы выдерживались в муфельной печи модели ЭКПС-10 в течение 40 минут при температурах 180, 400, 600, 800 °С, что сопоставимо критическим температурным интервалам, приводящим к дегидратации связующего, и были испытаны на остаточную прочность путем сжатия образцов с помощью прибора РМ-500. На рис. 1–3 представлены результаты остаточной прочности образцов с различным содержанием силикатного связующего.

Таблица 2

Физико-механические и технологические свойства жидкостекольных смесей с добавлением ОЛСТ

Шифр смеси	Свойства смесей						
	влажность, %	газопроницаемость, ед.	предел прочности, σ_w МПа	предел прочности, σ_r МПа		гигроскопичность, %	осыпаемость, %
				на сжатие	на разрыв		
1	2,0	232,5	0,3	1,94	0,57	0,5	0,5
2	2,5	236	0,56	2,50	0,59	1,0	0,45
3	3	227,5	0,67	2,36	0,64	1,0	0,4
4	3,5	212	0,73	1,92	0,63	1,5	0,3
5	2,0	227,5	0,53	2,30	0,92	0,5	0,5
6	3,0	250	0,64	2,45	0,54	0,5	0,45
7	3,5	235	0,76	2,50	0,57	0,75	0,45
8	4,0	240	0,72	2,44	0,40	1,0	0,4
9	2,5	245	0,57	1,97	0,52	0,5	0,45
10	3,5	243	0,66	2,50	0,62	0,1	0,3
11	4,0	245	0,68	2,50	0,93	1,5	0,3

Рис. 1. Остаточная прочность жидкостекольных образцов при содержании 3 % жидкого стекла

Рис. 2. Остаточная прочность жидкостекольных образцов при содержании 4 % жидкого стекла

Рис. 3. Остаточная прочность жидкостекольных образцов при содержании 5 % жидкого стекла

Из данных, представленных на графиках, можно сделать вывод о том, что при температуре 180 °C остаточная прочность образцов находится в пределах 2,5 МПа, без явного преимущества какого-либо образца при температуре 400 °C остаточная прочность образцов падает и достигает своего минимума при температуре 600 °C. При повышении температуры нагрева до 800 °C был зафиксирован рост остаточной проч-

ности образцов, связанный со способностью связующего расплавляться при температуре свыше 793 °C, сопровождая сплавление дефектов [2].

По результатам испытаний выявлено, что образцы, изготовленные из смеси, содержащей в своем составе помимо наполнителя 3 % жидкого стекла и 2 % ошелаченных лигносульфонатов технических, имеют наименьшую остаточную прочность.

Рис. 4. Структура жидкостекольных пленок на зернах огнеупорного кварцевого наполнителя:
а – 180 °C (увеличение $\times 600$); б – 400 °C (увеличение $\times 600$); в – 600 °C (увеличение $\times 600$); г – 800 °C (увеличение $\times 600$)

Далее проводилось исследование структуры пленок силикатного связующего на поверхности огнеупорного наполнителя с помощью двухлучевого электронного сканирующего микроскопа «Versa 3D». На рис. 4 представлены фотографии структуры жидкостекольной смеси, имеющей наименьший показатель остаточной прочности.

Как видно из рис. 4, структура силикатной пленки при нагреве образцов в интервале температур имеет дефекты в виде кристаллов карбонатов натрия, протекающей в результате химической реакции [13]:

Данная реакция протекает в результате процесса карбонизации при выделении CO_2 при деструкции органической составляющей, входящей в состав ОЛСТ. Наличие данных дефектов в интервале температур 400–600 °С положительно влияет на остаточную прочность, так как при сплавлении силикатной пленки при температуре выше 793 °С приводит к нарушению равномерности распределения пленки водного силиката натрия на поверхности зерен огнеупорного наполнителя, способствующей снижению остаточной прочности.

Выводы

Исследования показали, что использование ошелаченных лигносульфонатов технических в составе жидкостекольных смесей положительно влияет на физико-механические свойства жидкостекольных смесей.

Экспериментально установлено соотношение вводимых в смесь жидкого стекла – 3 % и ОЛСТ – 2 %, что подтверждается наименьшим показателем остаточной прочности при высокотемпературном воздействии.

Установлено, что при добавлении ошелаченных лигносульфонатов технических снижение остаточной прочности образцов характеризуется образованием кристаллов карбонатов натрия, сплавление которых приводит к нарушению равномерности распределения пленки водного силиката натрия на поверхности зерен огнеупорного наполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лясс, А. М. Быстротвердеющие формовочные смеси / А. М. Лясс. – М. : Машиностроение, 1965. – 332 с.
2. Жуковский, С. С. Технология литейного производства: формовочные и стержневые смеси / С. С. Жуковский, А. Н. Болдин. – Брянск : БГТУ, 2002. – 470 с.
3. Жуковский, С. С. Формы и стержни из холодноотвердеющих смесей / С. С. Жуковский, А. М. Лясс. – М. : Машиностроение, 1978. – 222 с.
4. Формовочные материалы и технология литейной формы : Справочник / С. С. Жуковский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1993. – 432 с.
5. Исследование структуры пленки водного силиката натрия на поверхности хромитового наполнителя при различных способах отверждения / Н. А. Кидалов, Н. В. Григорьева, А. С. Адамова, Д. А. Затягин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2020. – Т. 18, № 11. – 483–487.
6. Влияние способов отверждения жидкостекольной смеси на прочностные характеристики и структуру литейной формы / Н. А. Кидалов, Н. В. Григорьева, А. С. Адамова, Д. А. Затягин // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 10 (233) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 78–81.
7. Кидалов, Н. А. Effect of a Carbonaceous Additive on the Structure of an Aqueous Sodium Silicate Film on the Surface of a Refractory Chromite Filler / Н. А. Кидалов, Н. В. Григорьева, А. С. Адамова // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 969 : International Russian Conference on Materials Science and Metallurgical Technology (RusMetalCon 2020) (Chelyabinsk, Russian Federation, 22–24 September 2020). – [IOP Publishing], 2020. – 7 p.
8. Иванов, Н. Х. Применение смесей с уменьшенным количеством жидкого стекла / Н. Х. Иванов // Литейное производство. – 1961. – № 12. – С. 13–14.
9. Иванов, Н. Х. Активированные формовочные смеси / Н. Х. Иванов, В. Ф. Печеный // Литейное производство. – 1975. – № 1. – С. 4.
10. А. с. SU1766576A1 СССР, МПК В22С1/00 В22С1/20 В22С5/04. Способ реагентной активации формовочных и стержневых смесей / Н. Х. Иванов. – № 4863381/02 ; заявл. 10.07.90 ; опубл. 07.10.92.
11. ГОСТ 23409.7-78. Пески формовочные, смеси формовочные и стержневые. Методы определения прочности при сжатии, растяжении, изгибе и срезе (с изменениями № 1, 2). – Взамен ГОСТ 2189-62 в части разд. IV ; введ. 01.01.80. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.
12. ГОСТ 23409.9-78. Смеси формовочные и стержневые. Метод определения осыпаемости. – Взамен ГОСТ 2189-62 в части разд. V ; введ. 01.01.1980. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 2 с.
13. Некрасов, Б. В. Основы общей химии / Б. В. Некрасов. – М., 1973. – Т. 1. – С. 494.