

ЛИТЕЙНЫЕ ТИГЛИ НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕУПОРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Чупров И. В., Ширай А. М.,

научный руководитель д-р техн. наук Мамина Л. И., канд. техн. наук Баранов
В. Н., канд. техн. наук Безруких А. И.

Сибирский федеральный университет

Основными компонентами графитсодержащих материалов для изготовления тиглей для литейного производства являются природный графит, огнеупорная глина, карбид кремния и металлический кремний. Свойства этих материалов обеспечивают такие характеристики тигля, как высокая огнеупорность, теплопроводность, электропроводность, шлакоустойчивость [1].

Графит, входящий в состав тиглей, вследствие высокой теплопроводности снимает термические напряжения, а также способствует созданию большого количества подвижных плоскостей в огнеупорах [2].

В работе [3] предложен состав муллитокорундовой набивной массы с добавками 10 – 13 % графита и 5 – 6 % карбида кремния, обеспечивающий получение набивных футеровок с достаточно высокой прочностью, устойчивостью к воздействию расплавов ваграночного шлака и чугуна и относительно низкой степенью окисления введенного графита.

В большинстве случаев увеличение содержания доли графита в составах тиглей может значительно понизить термостойкость изделия, что объясняется активным окислением графита под действием атмосферного кислорода.

Так как графит является перспективным наполнителем для тигельных масс, вследствие своей дешевизны и высокой огнеупорности (до 3000 °С), то исследователями были сделаны попытки уменьшить реакционную способность графита. Так в работах [4, 5] отмечается, что для снижения степени термоокисляемости графита можно использовать фосфатные связующие, которые адсорбируются и блокируют активные центры на поверхности порошков графита. В результате адсорбции изменяются свойства поверхности и, как следствие этого, реакционная активность графита. Степень снижения термоокисляемости графита зависит от структуры фосфорсодержащего аниона. Более эффективно уменьшают активную долю поверхности порошков графита молекулы ортофосфорной кислоты.

Также стоит отметить, что сложность защиты графита от окисления связана с плохой смачиваемостью его различными жидкостями. Стойкость графита к окислению зависит от размера зерен, наличия примесей и условий окисления. Эффективными регуляторами смачиваемости являются поверхностно-активные вещества (ПАВ), позволяющие уменьшить угол смачивания или приблизить его к нулю. Использование ПАВ в материалах одновременно снижает угол смачивания и способствует протеканию физико-химических процессов, в результате которых уменьшается окисление графита при термообработке [6].

Целью данного исследования было создание составов огнеупорных композиций с повышенной долей углеграфитовых материалов, обладающих высокой термостойкостью и прочностью для использования их в качестве набивки тиглей.

Для оценки влияния доли активированных материалов, введенных в состав тигельных масс, на механические и огнеупорные свойства тиглей, были изготовлены и исследованы образцы следующих составов (табл.1).

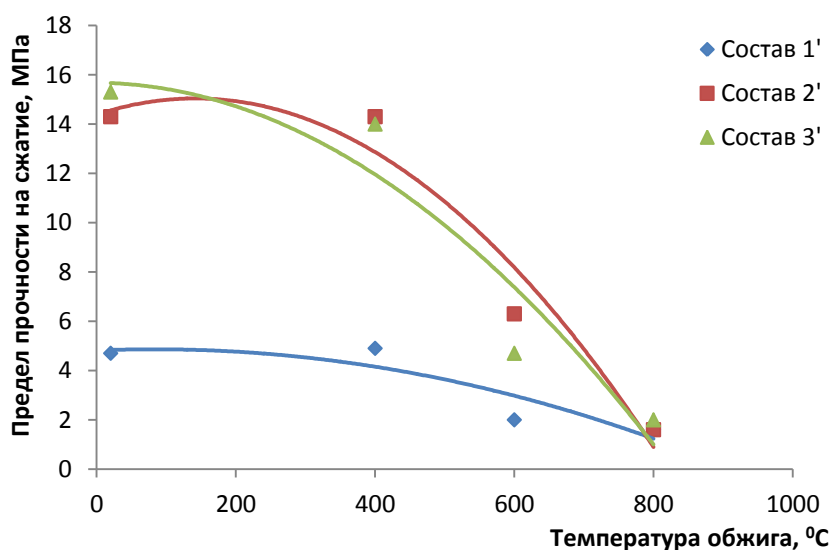
Таблица 1 – Составы графитовых композиций для тиглей

Материалы	Состав по массе, %					
	1'	2'	3'	4'	5'	6'
ГИ (крупка)	75	75	50	25	50	25
ГИ ($\tau=5'$)	-	-	-	-	-	-
ГИ ($\tau=10'$)	25	-	-	-	-	-
ГИ ($\tau=20'$)	-	25	50	75	-	-
ГЛС ($\tau=20'$)	-	-	-	-	50	75
Жидкое стекло M=2	20	20	20	20	20	20

Тигельные массы смешивали в лабораторных бегунах с вертикальными катками модели 018М2. Время перемешивания составляло 6 – 8 мин для сухих компонентов и дополнительно 2 – 5 мин после добавления связующего. Активацию графитовых материалов проводили в центробежно-планетарной мельнице АГО-2.

Для оценки эксплуатационных свойств тиглей (прочности, огнеупорности и др.) в металлической матрице изготовили образцы диаметром 20 мм и высотой 20 – 30 мм. Обжиг образцов осуществляли в муфельной печи при температуре 300 °С в течение 30 минут. Полученные образцы подвергали ступенчатому нагреву со скоростью не более 100 °С/час до 400 °С и со скоростью 50 °С /час свыше 400 °С. Не прерывая процесс нагрева при температурах 400, 600, 800 °С от общей партии образцов отбирали по 3 образца для определения их свойств. При этих температурах образцы выдерживали в течение 30 мин, а затем охлаждали до комнатной температуры и проводили измерение свойств.

Термостойкость графитовых образцов оценивали по изменению их прочности в процессе многоступенчатого обжига (рис. 1).



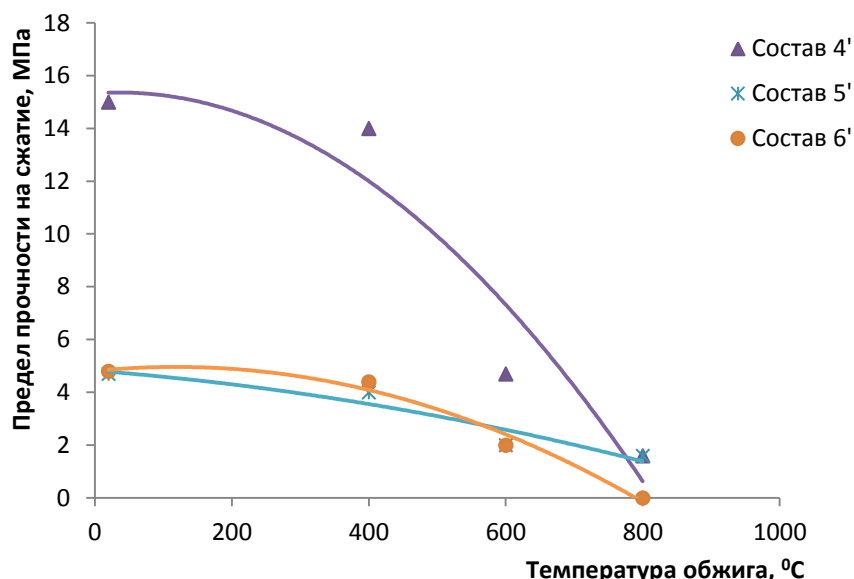


Рисунок 1 – Изменение прочности графитовых образцов на жидком стекле в процессе термического обжига

Для объективного сравнения полученных образцов по термостойкости был определен коэффициент термостойкости, который представляет собой изменение прочности, приходящееся на 1 °С, т.е. характеризует скорость изменения прочности (МПа/°С). Математически он является частной производной первой степени и определяется по формуле:

$$K_T = \frac{d\sigma}{dT}, \quad (1)$$

где $d\sigma$ – изменение предела прочности на сжатие, МПа;
 dT – температурный диапазон эксперимента, °С.

Все расчеты были осуществлены в «Microsoft Office Excel 2007».

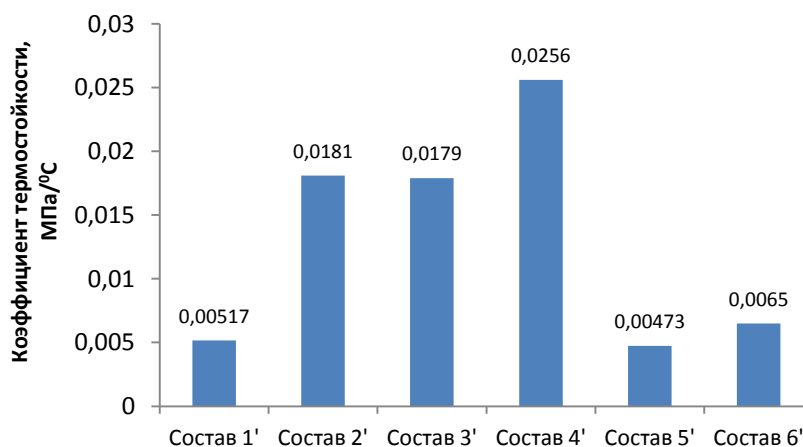


Рисунок 3 – Коэффициенты термостойкости исследуемых образцов

Как видно из рис. 3 для образцов на активированном ГИ (составы 1' – 4') с повышением доли активированных компонентов понижается их термостойкость (K_T возрастает). Это объясняется тем, что в процессе активации образуется большое количество дефектов в кристаллической решетке графита, а также возрастает общая адсорбционная поверхность порошков. Из-за чего с одной стороны возрастает исходная прочность композиций,

с другой – ускоряются процессы окисления графита, а, следовательно, уменьшается термостойкость. Данная тенденция повторяется и в случае образцов на активированном ГЛС (составы 5' – 6').

В процессе исследований был определен оптимальный диапазон содержания активированной фракции в тигельной массе: 52 % - 25 %. Время же активации, наоборот, положительно влияет на прочность и оптимальный диапазон смещен в сторону увеличения этого параметра: 17 мин – 20 мин. Данным диапазонам соответствуют составы 2' - 3', обладающие высокой начальной прочностью и средней термостойкостью, а также составы 5' - 6' с высокими показателями по термостойкости и низкой начальной прочностью (рис. 4).

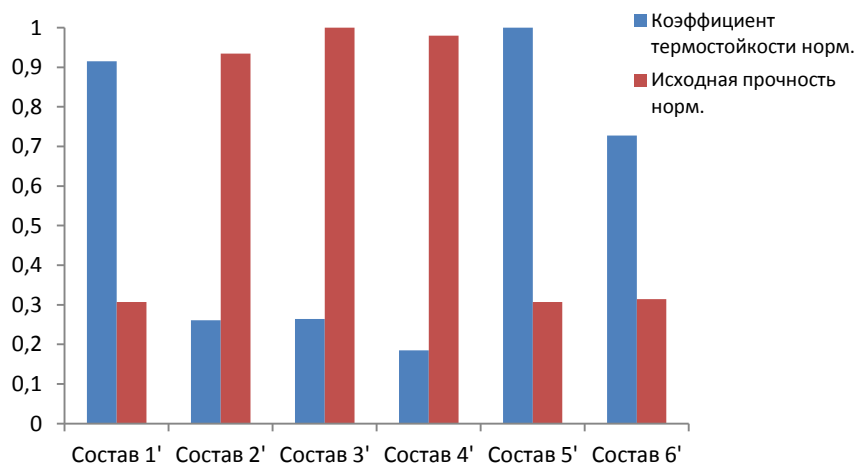


Рисунок 4 – Сравнение исследуемых огнеупорных композиций на жидком стекле

На основе анализа экспериментальных данных наилучшей огнеупорной композицией оказался состав 2', который соответствует оптимальному соотношению времени активации и доли активированных компонентов ($A = 25 \%$; $\tau = 20$ мин).

Разработанные составы тиглей показали высокую термостойкость и технологичность, низкую смачиваемость жидким металлом. Стоит отметить необходимость применения жидкого стекла с меньшим содержанием воды в составе. Дальнейшие перспективы разработки механоактивированных огнеупорных композиций заключаются в применении связующих с высокой стабильностью свойств в широком температурном диапазоне и более высокой огнеупорностью – алюмофосфатных связующих.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Литманович А.Д., Туликова Н.Н. Производство и использование огнеупорных графитсодержащих изделий // Огнеупоры и техническая керамика. 2000. №9. С. 40-42.

2 Бабкин В.Г., Золотухин В.А., Кадышева Г.И., Оводенко М.Б. Исследование термомеханических свойств набивных масс для футеровки канальных индукционных печей: сб. науч. тр. / «Совершенствование технологий литейного производства в целях повышения эффективности, качества и снижении веса отливок», Красноярск, 1977. – С. 100–102.

3 Пирогов Ю.А., Солошенко Л.Н., Квасман Н.М. Муллитокорундовая набивная масса с добавками графита и карбида кремния // Огнеупоры и техническая керамика. 1987. № 3. С. 3–5.

4 Пирогов Ю.А., Пустовар П.Я., Солошенко Л.Н. и др. Исследование влияния связующих на термоокисление порошков графита, входящих в состав набивных масс // Огнеупоры и техническая керамика. 1990. № 6. С. 9–11.

5 Пирогов Ю.А., Пустовар П.Я., Долгопор И.В. Влияние структуры фосфорсодержащего аниона в фосфатном связующем на ингибирование термоокисления порошков графита // Огнеупоры и техническая керамика. 1990. №5. С. 23–25.

6 Семченко Г.Д. Физико-химические аспекты защиты графита от окисления при термообработке масс на этилсиликатной связке // Огнеупоры и техническая керамика. - 1998. № 11. С. 20–23.

7 Богданова Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов: учеб. пособие / Ю. Г. Богданова, МГУ имени М. В. Ломоносова. – Москва, 2010. – 68 с.