

14. Гроховская Т. Л., Дистлер В. В., Ключин С. Ф. и др. Малосульфидная платиновая минерализация массива Луккулайсваара (Северная Карелия) // Геология рудных месторождений. 1992. Т. 34, № 2. С. 32–50.

15. Металлогения Карелии. Петрозаводск, 1999. 340 с.

16. Билибина Т. В., Мельников Е. К., Савицкий А. В. О новом типе комплексных руд в Южной Карелии // Гео-

логия рудных месторождений. 1991. Т. 33, № 6. С. 3–14.

17. Савицкий А. В., Билибина Т. В., Мельников Е. К. и др. Геология и генезис месторождений платиновых металлов. М., 1994. С. 217–225.

18. Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Геодинамическая позиция перспективных платиноносных формаций Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск, 2003. С. 26–33.

УЛУЧШЕНИЕ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТИ ФУТЕРОВКИ ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ МЕТОДОМ ВВЕДЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАТОРОВ

А. С. Заверткин, А. Н. Сафронов

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск; safronov@krc.karelia.ru

Одной из наиболее распространенных добавок для спекания порошкообразных масс из кварцитов является борная кислота. Вводится она обычно в небольшом количестве от 0,5 до 3% [1]. Для связи при прессовании образцов и изделий применяют глину, жидкое стекло, сульфитно-спиртовую барду или ее заменители в количестве от 1 до 2% (в расчете на твердое вещество). В качестве минерализующих добавок используют помимо H_3BO_3 , борный ангидрид, буру. Органическая связка выгорает, а упрочнение всех кремнеземистых масс основано на образовании геля. Введение высокотемпературных добавок (ZrO_2 , Cr_2O_3 , хромоглиноземистый шлак, хромит) к кислой футеровке существенно не повышает огнеупорности масс. По данным Восточного института огнеупоров [2], массы цирконо-кварцитного состава могут быть рекомендованы к промышленному применению в печах большой емкости.

Известно, что для улучшения свойств кислых огнеупоров применяются добавки из смеси оксидов кальция, железа, натрия, фосфорсодержащие добавки, специальная фритта, сплавленная из смеси кремнезема и оксида натрия или кремнезема с оксидами железа и кальция, тримитовая затравка в виде тонкого помола тримитизированного динаса или добавка 30% корунда.

Установлена пригодность шихт динасового производства для изготовления футеровочных масс. М. Н. Кайбичева [2] рекомендует добавку корунда (до 11%) применять для футеровки канальных индукционных печей при плавке медных сплавов к шихте, состоящей из кварцита (86–96%), стекла (0–2%), борной кислоты или буры (1–2%). Доказано, что термостойкость кислых огнеупоров может быть повышена путем введения титана в решетку кристобалита. При реакции между расплавом и тиглем вводимая добавка действует не только каталитически, ускоряя реакцию образования новой фазы, но и непосредственно

взаимодействует с основной массой реагирующего материала.

Нами было проведено исследование влияния борсодержащих добавок на качество кварцитной футеровочной массы. Из практики работы индукционных печей фирмы ASEA известно, что без добавки борной кислоты или других борсодержащих материалов прочного спеченного рабочего слоя в футеровке тигля не образуется. Так как борная кислота летуча с парами воды, то представляет интерес изучение влияния других менее летучих добавок на изменение свойств кислой футеровки, таких как бораты кальция и магния, и их поведение в процессе обжига и эксплуатации тиглей индукционных печей. По нашему предположению, бораты кальция и магния должны снижать летучесть добавок с парами воды.

В лабораторных условиях были синтезированы добавки ашарита ($MgBO_2 \cdot OH$) и гидроборачита ($CaMgB_6O_{11} \cdot 6 H_2O$) методом взаимодействия гидрата окиси кальция и магния с концентрированным раствором борной кислоты при температуре около 100 °С с последующим переплавом продуктов реакции в силитовых печах. Температура плавления полученных соединений находилась в пределах 750–800 °С. При изготовлении образцов с добавками ашарита и гидроборачита (после сушки) на их поверхности по сравнению с добавкой борной кислоты не происходит «высаливание» спекающей добавки. С целью сравнения действия синтезированных боратов на качество футеровки использовали борную кислоту марки ч.д.а., а в качестве футеровочного материала применяли карельский кварцит с содержанием кремнезема более 98% и шведскую массу роданит с величиной зерна от 0 до 3 мм. Спекание образцов с добавками и определение их свойств проводились параллельно на серии образцов с каждой добавкой. Физико-керамические свойства футеровочных масс с различными добавками показаны на рис. 1.

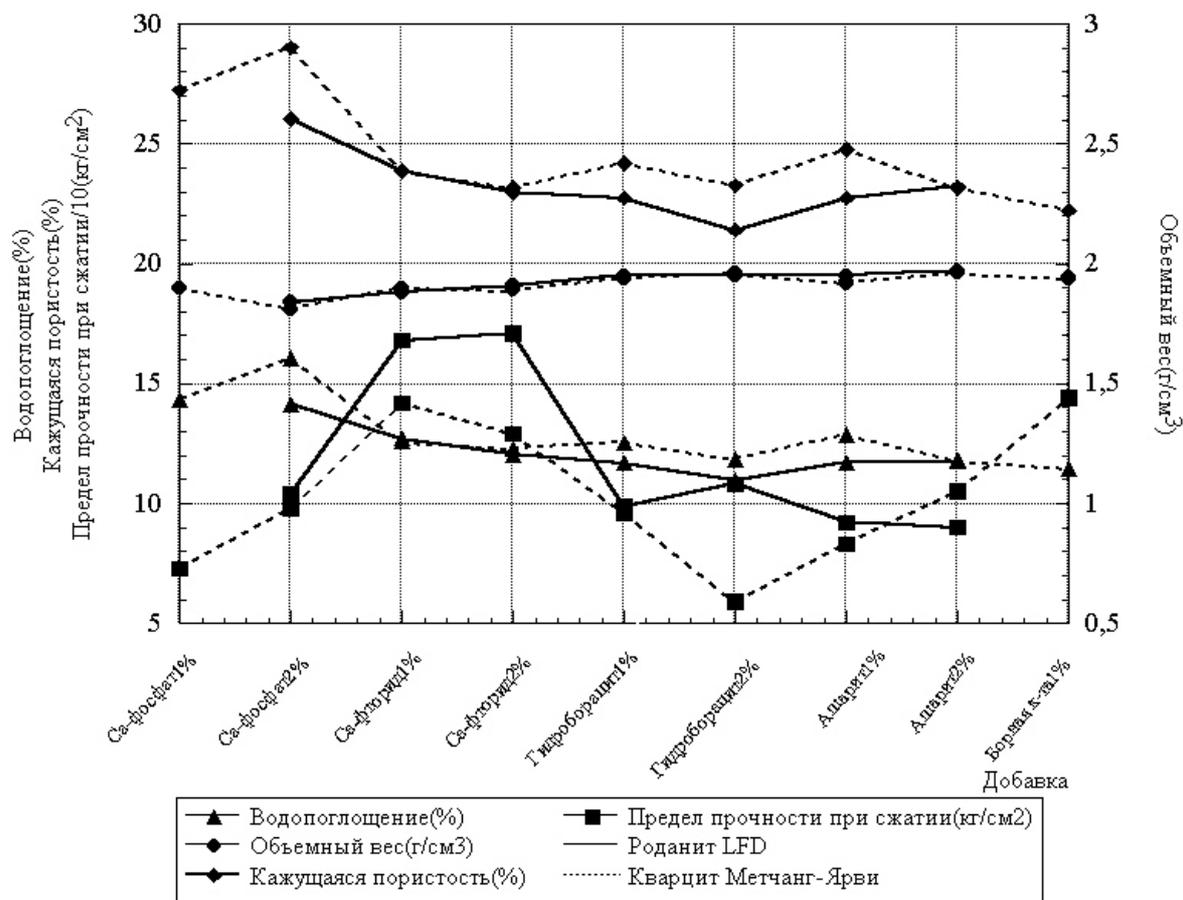


Рис. 1. Физико-керамические свойства кислых футеровочных масс с различными добавками. Обжиг при 1450 °С с 4-часовой выдержкой

Было установлено, что при введении 1% перечисленных добавок при увеличении температуры обжига от 1000 до 1200 °С происходит снижение пористости и увеличение предела прочности при сжатии.

Снижение пористости обусловлено образованием жидкой фазы из борсодержащего стекловидного вещества. Дальнейшее повышение температуры обжига способствует более интенсивному повышению пористости образцов, при этом происходит снижение прочности на сжатие.

При введении ашарита в футеровочную массу из кварцита после термообработки при 1450 °С в течение 2 ч были получены следующие результаты: линейный рост – 2,1–2,2%, кажущаяся пористость – 23,18%, кажущаяся плотность – 1920 кг/м³, предел прочности при сжатии – 15,1 МПа, температура начала деформации под нагрузкой 0,2 МПа – 1600 °С, при 4% сжатия – 1640 °С, при 40% сжатия – 1660 °С (рис. 1, 2). Футеровочная масса для набивки тиглей индукционных печей включала кварцит от 95 до 99,5% и ашарит в количестве от 0,5 до 5%. Добавку вводили для улучшения качества футеровки и уменьшения времени ее спекания.

Добавка ашарита и гидроборацина в количестве 2% (весовых) к карельскому кварциту при темпе-

ратуре 1450 °С с 4-часовой выдержкой приводит к получению пористости 23,18 и 23,14%, соответственно. При добавке 1% борной кислоты к карельскому кварциту при тех же условиях обжига пористость составляет 23,5%, тогда как при добавке 2% борной кислоты пористость возрастает до 27,11%, а предел прочности при сжатии снижается до 2,8 МПа (рис. 1).

Температура деформации образцов под нагрузкой из карельского кварцита с добавками в количестве 1–2% исследуемых боратов была не ниже 1600 °С. Данные исследования приведены на рис. 2.

Таким образом, по физико-керамическим свойствам в условиях рабочей температуры при плавке чугуна образцы из карельского кварцита с добавками боратов не уступают футеровочным массам с добавкой борной кислоты и даже превосходят их по керамическим свойствам.

Перерождение кварца в модификации малой плотности при добавке боратов находится в пределах 15–18% в мелкозернистой части (фракция менее 0,1 мм) и в количестве от 10 до 12% – в крупнозернистой составляющей. Количество стеклофазы в связке исследуемых образцов составляет от 8 до 10%, тогда как в крупнозернистой части образцов после анало-

гичной термообработки при 1450 °С с 4-часовой выдержкой стеклофазы не обнаружена. Данные петрографических исследований приведены в таблице.

Для определения фазового состава образцов футеровочных масс применялся рентгеноструктурный анализ (ДРОН-3М, Cu K_α -излучение).

Количественное содержание фаз подсчитывалось по отношению интенсивностей линий главных максимумов кварца ($d = 3,34 \text{ \AA}$) и кристоба-

лита ($d = 4,04 \text{ \AA}$) к интенсивности главного максимума алюминия ($d = 2,33 \text{ \AA}$). Количество рентгеноаморфной фазы определялось как остаток от 100%. Выяснено, что после обжига при 1350 °С в образцах с добавками боратов получается большее количество стеклофазы (12–20%) по сравнению с добавкой борной кислоты (8–12%). Тримитовая составляющая при добавках боратов и борной кислоты не была выявлена.

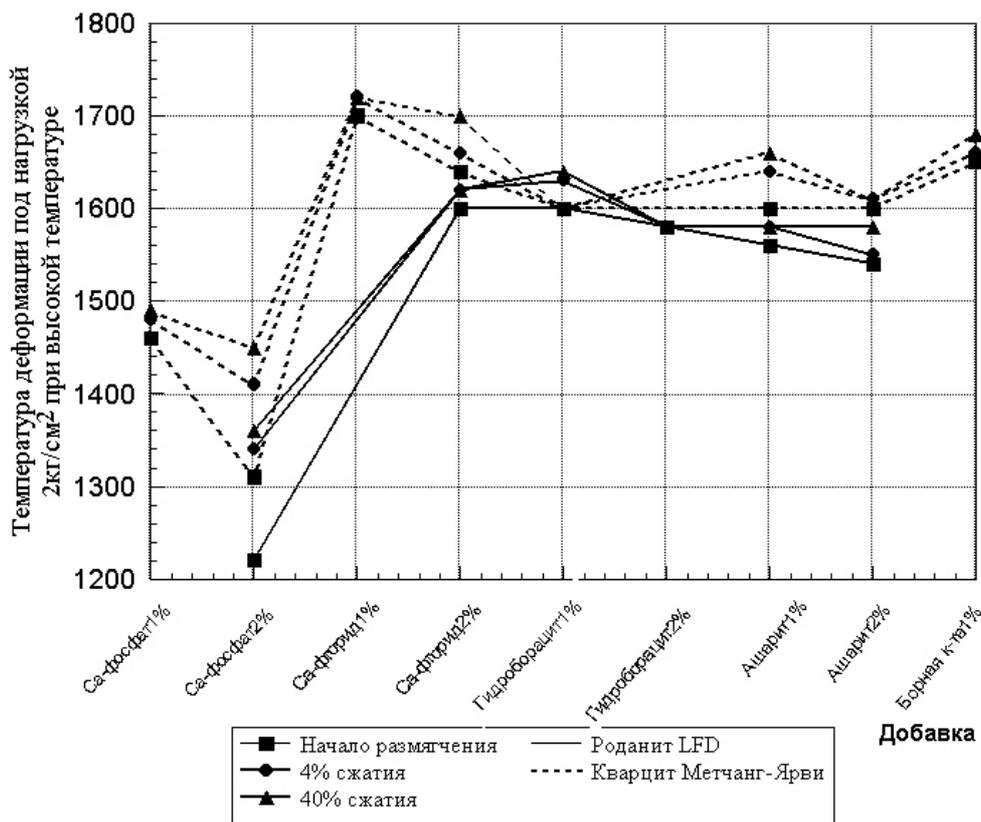


Рис. 2. Температура деформации под нагрузкой

Фазовый состав образцов футеровки с борсодержащими добавками. Обжиг при 1450 °С, выдержка 4 ч

| Материал и добавка, вес. % | Содержание, вес. % | | | | | |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| | β-кварц | | Метакристаллит | | Стеклофаза | |
| | Связка | Крупнозернистая часть | Связка | Крупнозернистая часть | Связка | Крупнозернистая часть |
| Роданит ЛФД | | | | | | |
| Ашарит | | | | | | |
| 1 | 76 | 90 | 15 | 10 | 8 | — |
| 2 | 75 | 90 | 15 | 10 | 8 | — |
| Гидроборатит | | | | | | |
| 1 | 76 | 95 | 13 | 5 | 3 | — |
| 2 | 72 | 96 | 18 | 7 | 3 | — |
| Кварцит Метчангьярви | | | | | | |
| Ашарит | | | | | | |
| 1 | 76 | 90 | 15 | 10 | 5 | — |
| 2 | 73 | 90 | 15 | 10 | 5 | — |
| Гидроборатит | | | | | | |
| 1 | 75 | 90 | 15 | 10 | 5 | — |
| 2 | 70 | 88 | 18 | 12 | 3 | — |

Примечание. Объем крупнозернистой части и связки, каждой по отдельности, принимается условно за 100%.

При увеличении количества добавок ашарита и борной кислоты скорость перерождения кварца футеровочных масс в модификации малой плотности замедляется. При добавке гидробората в количестве 1–2% количество β -кварца составляет 65 и 62%, соответственно.

Тем не менее действие бора, как свидетельствуют петрографические и рентгенографические исследования, остается достаточно сильным для образования связей Si-O-B вместо Si-O-Si, которые, по литературным данным, снижают тридимитизацию материала. Данные рентгеноструктурных и петрографических исследований были подтверждены результатами термографического анализа.

После термообработки при 1450 °С с 4-часовой выдержкой в образцах с различными добавками наблюдается эндоэффект в интервале температур 220–280 °С, что говорит о переходе кристобалита

из β - в α -модификацию. Следующий эндоэффект соответствует превращению β -кварца в α -кварц и находится в пределах температур 560–580 °С.

Как показывает анализ деформации под нагрузкой, при введении добавок боратов происходит повышение строительной прочности материала футеровки при высоких температурах, а замена борной кислоты при футеровке печей боратами кальция и магния возможна и поэтому нами рекомендуется. Снижение расслоения наполнителя и спекающей добавки при футеровке тигля способствует увеличению плотности тигля, снижению его пористости и улучшению металло- и шлакоустойчивости. При этом улучшение свойств происходит благодаря отличиям в химическом составе добавки, снижению летучести при применении боратов с парами воды при сушке и обжиговой плавке, а также за счет большей близости удельного веса боратов и кислой футеровочной массы.

1. *Баблюс В. В., Малисов Л. З., Жельнис М. В. и др.* Футеровка индукционных печей из кварцевого песка // Литейное производство. 1968. № 4. С. 16–18.

2. *Кайбичева М. Н.* Свойства кварцитных масс, применяемых для футеровки индукционных печей большой емкости // Огнеупоры. 1971. № 4. С. 31–34.

СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ УДАЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ИЗ ОТЛИВОК МЕТОДОМ ВВЕДЕНИЯ В СОСТАВ СМЕСЕЙ ДОБАВОК ГОРНЫХ ПОРОД КАРЕЛИИ

А. С. Заверткин, В. И. Тяганова

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

В настоящей работе обобщены результаты проведенных в разное время исследований влияния добавок горных пород разного состава на физико-механические и технологические свойства формовочных смесей, а также рассмотрен механизм их разупрочняющего действия при заливке форм металлом.

Выбиваемость характеризуется способностью стержней удаляться из внутренних полостей при выбивке и очистке литья. Значение выбиваемости зависит главным образом от природы и количества связующего материала в смеси, от интенсивности температурного и силового воздействия металла отливок на стержень. Смеси с неорганическим связующим, например с жидким стеклом, имеют затрудненную выбиваемость вследствие их прочного спекания в период затвердевания отливки в форме.

Для облегчения выбивки стержней в смеси вводят различного рода разупрочняющие добавки, например, графит, каменноугольную пыль, древесный пек, горючие сланцы, сажи, глины, сахаросодержащие добавки и др. Нами были опробованы добавки шунгитсодержащих пород разрабатываемых в настоящее время м-й Нигозеро и Зажогоино разного минералогического состава и с

разным содержанием углерода (шунгитового вещества). Кроме этого были опробованы добавки горных пород, не содержащих углерода, но в их состав входят минералы, температурный интервал дегидратации которых соответствует или близок температурному интервалу прогрева формовочной смеси при заливке формы металлом. К ним относятся тальк-хлоритовая порода м-я Костомукша, порфирит (м-е Хавчозеро), габбродиабаз (м-я Береговое и Голодай Гора), серпентин (антигорит и лизардит-хризотилловый), перлит. Для сравнения были исследованы смеси с добавками графита, древесного пека, широко используемые в металлургии, а также традиционные смеси (без добавок). Дериватограммы минеральных добавок приведены на рис. 1. Разупрочняющий эффект добавок горных пород исследовался на модельных жидкостекольных смесях постоянного состава: кварцевый песок 2К02Б – 90%; минеральная добавка – 10%; жидкое стекло ($d = 1470 \text{ кг/м}^3$); едкий натр ($d = 1300 \text{ кг/м}^3$) – 1% (табл. 1).

Выбиваемость лабораторных образцов смесей определялась по методике ЦНИИТМАШа [1]. Нами была несколько изменена форма для испыта-