

Д. т. н. Б. Л. Красный, Т. С. Маринина (✉), А. Л. Галганова

ЗАО «Научно-технический центр «Бакор», Москва, г. Щербинка, Россия

УДК 666.3-183.2

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМОВАНИЯ ПОРИСТОЙ ПРОНИЦАЕМОЙ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТЬЯ

Изучен процесс изготовления пористой фильтрующей керамики методом литья из водных шликеров в гипсовые формы. Установлено влияние различных факторов на процесс литья пористой фильтрующей керамики и способы регулирования ее свойств. Изготовлены опытные образцы фильтрующей керамики и определены параметры ее работы.

Ключевые слова: шликерное литье, пористая керамика, фильтрующий элемент.

В настоящее время для горно-металлургической промышленности актуальна проблема изготовления мелкопористой фильтрующей керамики в виде элементов секторного типа, которую все чаще используют для оснащения вакуумных установок обезвоживания концентратов руд взамен тканых фильтров. Жесткая конкуренция в этом сегменте промышленности среди производителей керамики для вакуумных установок предопределяет поиск новых методов изготовления фильтрующей керамики для обеспечения эффективности процесса обезвоживания концентратов.

Каждый метод формования керамических изделий благодаря своим особенностям имеет наиболее эффективную область применения. Так, пористую проницаемую керамику традиционно изготавливают способом полусухого прессования на гидравлических и вибрационных прессах, экструзией пластичных масс, литьем горячих пластифицированных масс, пневмораспылением шликерных масс. Литье из водных шликеров традиционно используют для производства санитарной керамики и некоторых видов плотной керамики технического назначения.

Для изготовления пористой сложнопрофильной крупногабаритной проницаемой керамики мелкопористой структуры литье из водных шликеров в пористые формы может оказаться единственным подходящим методом формования. Простота аппаратного оформления делает этот метод формования пористой проницаемой керамики особенно привлекательным, несмотря на трудности, возникающие при изготовлении и обслуживании формовочной оснастки — гипсовых форм. Изделия, полученные шликерным литьем, характеризуются равномерной структурой, что в

случае пористой керамики должно положительно повлиять на фильтрационные характеристики. В нашей работе показана возможность изготовления методом шликерного литья в гипсовые формы пористого керамического материала и фильтрующих изделий на его основе.

При разработке состава фильтрующего элемента опирались на общепринятые принципы формирования пористой структуры керамического проницаемого материала: основу массы составляет узкофракционированный наполнитель, связанный в прочный каркас керамическим связующим в низкотемпературном обжиге [1].

Керамика для фильтрующих элементов секторного типа в процессе эксплуатации подвергается воздействию слабых растворов неорганических и органических кислот, поэтому требования к химической стойкости материала фильтра остаются на высоком уровне: кислотостойкость — не менее 98 %, щелочестойкость — не менее 95 %. Этот факт ограничивает выбор сырья для синтеза материала керамики.

При реализации метода шликерного литья качество шликера является основополагающим. Для обеспечения нормального хода технологического процесса и получения качественной продукции к литейному шликеру предъявляются следующие основные требования: низкая вязкость при минимальном содержании воды, устойчивость шликера к расслаиванию и оседанию твердой составляющей, способность достаточно быстро отдавать воду в гипсовую форму с образованием прочных отливок, малая усадка изделий при сушке во избежание возникновения напряжений в неокрепшей заготовке [2]. На реологические свойства шликера влияют размер частиц и их форма, состав, структура и поверхностные свойства минералов в керамической массе.

Вязкость шликера должна быть по возможности минимальной для обеспечения необходимой текучести шликера и качественного заполнения гипсовых форм. Практически необходимую вяз-



Т. С. Маринина,
E-mail: marininatanya@yandex.ru

кость подбирают опытным путем, измеряя влажность и pH среды. Неоправданное повышение вязкости приводит к снижению скорости набора массы и расслаиванию шликера. Изменение pH среды существенно влияет на вязкость шликера. Как в кислой, так и в щелочной среде имеются определенные интервалы значений pH, в которых достигается минимальная вязкость шликера [3].

Для регулирования литьевых характеристик шликера в последнее время достаточно широкое распространение в мире получили дефлокулянты на основе органических соединений: карбоновых кислот производства компании «ZSCHIMMER & SCHWARZ GmbH & Co KG» (Германия) и полиакрилатов аммония и натрия производства компании «Lamberti» (Италия). Эти добавки не оказывают отрицательного воздействия на гипсовые формы и эффективны при добавлении в небольших количествах.

Кроме параметров шликера, вторым важным фактором для обеспечения качества керамической отливки является качество изготовления гипсовых форм. Например, в результате низкой всасывающей способности гипсовой формы на полужаботке возникают трещины, посечки, происходит деформация заготовки. Низкая всасывающая способность гипсовой формы может быть следствием нарушений в процессе ее изготовления и эксплуатации, в подготовке гипсового раствора. Структура гипсовой формы должна быть равномерная, обеспечивая тем самым равномерность свойств по объему заготовки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основными сырьевыми материалами служили: микрошлифпорошки белого электрокорунда производства ОАО «Бокситогорский глинозем» и комплексная спекающая добавка. В качестве разжижающей добавки использовали дефлокулянты Reotan A, Reotan LA (компания «Lamberti») и Dolapix CE 64 (компания «ZSCHIMMER & SCHWARZ GmbH & Co KG»). Reotan A представляет собой водный раствор желтовато-коричневого цвета на основе полиакрилата натрия плотностью 1290–1310 г/л, pH = 7,0÷9,0, содержание активного вещества 44–46 %; Reotan LA — водный раствор бледно-желтого цвета на основе полиакрилата аммония плотностью 1140–1180 г/л, pH = 6,5÷8,0, содержание активного вещества 44–46 %; Dolapix CE 64 — жидкость желтоватого цвета плотностью 1200 г/л, pH = 7, содержание активного вещества 65 %.

Добавки вводят в шликер на стадии приготовления, поскольку они полностью диссоциируют и разжижающее действие наступает непосредственно после введения. Предварительная подготовка порошковых исходных материалов заключалась в тонком помоле одного из компонентов спекающей добавки.

Водный шликер готовили в шаровой мельнице смешиванием керамических материалов, воды и специальных добавок при соотношении твердое : жидкое = 70 : 30. Исследуемые добавки — дефлокулянт, пеногаситель, реагент, увеличивающий скорость литья; вещества, повышающие прочность сырца, вводили в шликер в количествах, рекомендуемых производителем.

Сравнительный анализ шликеров включал изучение текучести и скорости набора отливки. Текучесть (условную вязкость) шликера определяли вискозиметром истечения марки ВЗ-246 ГОСТ 9070. Скорость набора отливки определяли в соответствии с публикацией [4] методом стерженьков.

Для определения прочности отливки, отработки режима обжига (подбора оптимальной температуры обжига) и определения свойств керамики с учетом выбранных литьевых параметров шликеров методом водного литья в гипсовые формы были изготовлены образцы. Сформованные образцы после заливки сушили при 60 °C до остаточной влажности 0,5 %. Высушенные образцы обжигали в газовой печи периодического действия. Свойства пористой керамики после обжига (предел прочности при сжатии, открытая пористость) определяли по методикам, разработанным на основе действующих государственных стандартов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований влияния дефлокулянтов на текучесть исследуемых шликеров на основе электрокорунда различной зернистости и свойства отливок показаны на рис. 1.

Из полученных данных видно, что больший разжижающий эффект достигается при введении дефлокулянта Reotan LA (pH суспензий 8,56 при минимальном его содержании в шликере). Шликеры с добавлением этого дефлокулянта имеют коэффициент загустеваемости в пределах 1,8–2,2, при котором наблюдается баланс текучести и загустеваемости. Поскольку увеличение количества дефлокулянта не оказывает значимого влияния на литьевые свойства шликера, плотность и прочность отливок, то его содержание в количестве 0,1 % от сухого вещества в шликере можно считать рациональным.

Одним из важных технологических параметров при формировании отливки является скорость ее набора. Интенсификация процесса набора заготовки повышает производительность шликерного литья. Для регулирования скорости литья из водных шликеров в гипсовые формы существуют специальные добавки, например реагент Reolam CS 218 (компания «Lamberti», Италия). Он представляет собой прозрачную жидкость плотностью 1,037–1,047 г/л, pH = 4÷6. По химическому составу Reolam CS 218 — амносмола в водном растворе. Его добавка способствует соединению мельчайших частиц водного

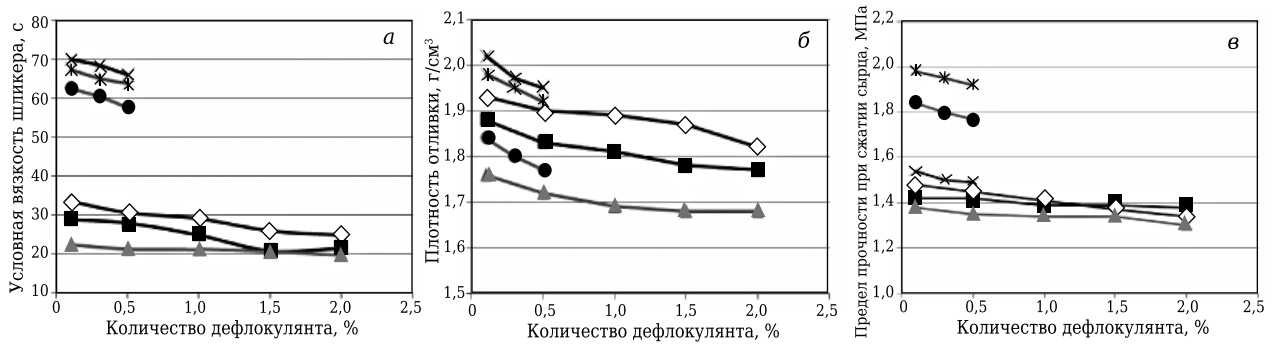


Рис. 1. Влияние количества дефлокулянта на литейные свойства шликера с керамическими заполнителями различной дисперсности (а), на плотность отливок (б) и на предел прочности при сжатии сырца (в) Дефлокулянт: ◇ — F1600R; ■ — F1200R; ▲ — F1000R; × — F1600D; * — F1200D; ● — F1000D; R — дефлокулянт Reotan LA; D — Dolapix CE 64

керамического шликера, увеличивая водопроницаемость и ускоряя поток воды, поступающей от шликера в гипсовую форму. Основным результатом применения этого вещества является интенсивность процесса литья и, следовательно, сокращение продолжительности отливки изделий.

Концентрация сухих порошков в шликере 70 мас. %, воды 30 мас. %. В качестве реологической добавки в шликер вводили Reotan LA в количестве 0,1 % от массы сухих веществ. Добавляли также около 0,1 % пеногасителя. Для большей наглядности эксперимента количество ускорителя процесса литья Reolam CS 218 было выбрано 0,12 % от количества сухого вещества (максимальное содержание, рекомендуемое производителем). Характеристика шликера: плотность 2,02 г/см³, условная вязкость 28,5 с, влажность 32,1 %. Время набора массы 5 мин, высота набора 3,5 см. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Скорость набора заготовки v , г/(см²·с), рассчитана по формуле [4]:

$$v = M_{\text{отл}} / (S \cdot T),$$

где $M_{\text{отл}}$ — масса стержня с сырой отливкой, г; S — рабочая поверхность стержня, см²; T — время набора массы, с.

По итогам эксперимента установлено, что введение максимально рекомендованного количества (0,12 % на сухое вещество) ускорителя литья Reolam CS 218 приводит к возрастанию

скорости набора заготовки на 12 %. Для крупногабаритных изделий, размер по диагонали которых в несколько раз превышает толщину, величина предела прочности при сжатии сырца имеет немаловажное значение.

В качестве добавок, способствующих повышению прочности сырца, были выбраны продукты фирмы «ZSCHIMMER & SCHWARZ GmbH & Co KG» серии Optapix: Optapix AC 15 — на основе поликарбоновой кислоты; Optapix AC 170 и Optapix AC 112 — водные полимерные дисперсии. Эти вещества являются временными связующими, повышающими прочность на излом непросушенного керамического изделия. Однако в процессе работы было выявлено, что связующее Optapix AC 112 коагулирует в шликере в присутствии разжижителя, поэтому оно было исключено из дальнейших экспериментов. Упрочняющие сырец добавки вводили в количествах, рекомендуемых производителем. Также в качестве упрочняющей добавки в шликер вводили сахар [5]. Эффект от введения добавки оценивали по величине предела прочности при сжатии образцов после формования их литьем в гипсовые формы и подсушивания до остаточной влажности 0,5 %. Результаты представлены на рис. 2.

Введение добавок даже в небольших количествах приводит к повышению прочности сырца, однако отмечен различный характер их воздействия на шликер и процесс литья в целом. Так, образцы с

Влияние добавки Reolam CS 218 на скорость набора керамической заготовки

Образец	Шликер без добавки Reolam CS 218				Образец	Шликер без добавки Reolam CS 218			
	масса сухих стержней, г	диаметр стержня, см	масса стержня и отливки, г	масса набранной отливки, г		масса сухих стержней, г	диаметр стержня, см	масса стержня и отливки, г	масса набранной отливки, г
1	20,2	1,42	30,8	10,8	8	21,4	1,44	33,7	12,3
2	20,8	1,45	31,0	10,2	9	20,8	1,44	33,2	12,4
3	20,2	1,41	30,2	10,0	10	21,3	1,39	34,8	13,5
4	20,8	1,43	30,5	9,7	11	20,6	1,49	33,0	12,4
5	21,5	1,43	31,9	10,4	12	20,3	1,35	32,6	12,3
6	20,8	1,39	31,1	10,3	13	20,1	1,38	31,9	11,8
7	21,0	1,39	31,5	10,5	14	20,3	1,44	33,1	12,8

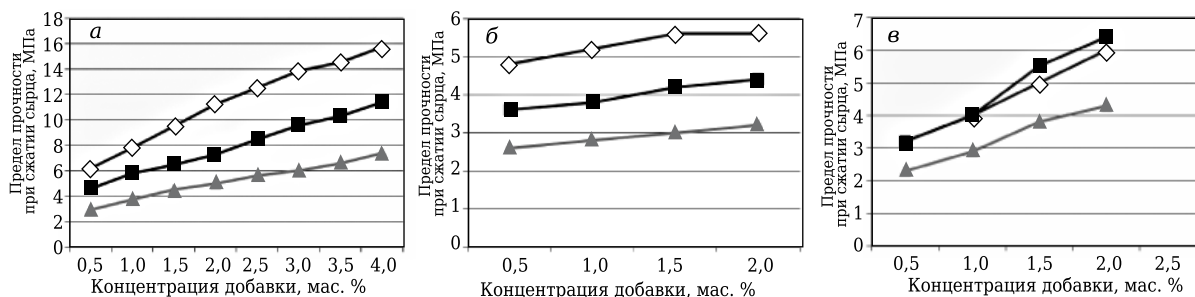


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии сырка от количества упрочняющей добавки Optarix AC 170 (а), Optarix AC 15 (б) и добавки в виде сахара (в). Дефлокулянт: ◇ — F1600; ■ — F1200; ▲ — F1000

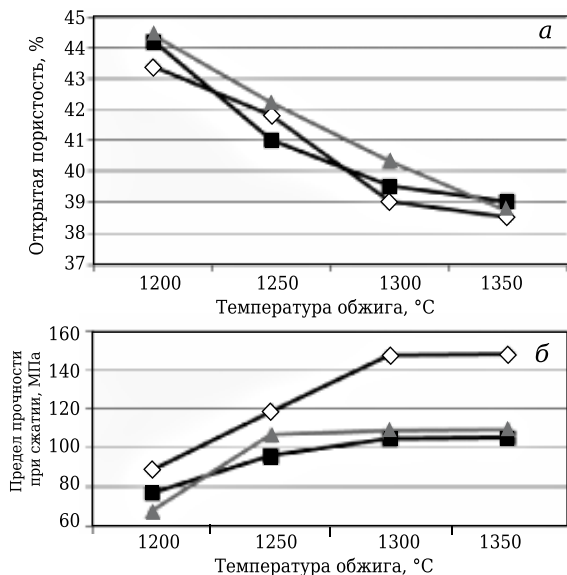


Рис. 3. Изменение открытой пористости (а) и предела прочности при сжатии (б) керамики с различным размером зерен заполнителя в зависимости от температуры обжига. Дефлокулянт: ◇ — F1600; ■ — F1200; ▲ — F1000

добавкой Optarix AC 15 показали очень медленную скорость набора отливки как с максимальным, так и с минимальным ее содержанием. По технологическим соображениям выбор был остановлен на связующем Optarix AC 170 и на добавке сахара, так как они обеспечивают повышение прочности сырка после сушки до приемлемых значений. При использовании в качестве упрочняющей добавки сахара отмечается также повышение прочности образцов после обжига, однако с некоторым снижением величины открытой пористости.

Свойства пористой керамики в зависимости от температуры обжига представлены на рис. 3. Из полученных данных видно, что для рассмотренных

Библиографический список

1. Смирнова, К. А. Пористая керамика для фильтрации и азрации / К. А. Смирнова. — М. : Стройиздат, 1968. — 172 с.
2. Будников, П. П. Химическая технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников, ред. Д. Н. Полубояринов. — М. : Издательство литературы по строительству, 1972. — 553 с.
3. Добровольский, А. Г. Шликерное литье / А. Г. Добровольский ; 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Металлургия, 1977. — 240 с.

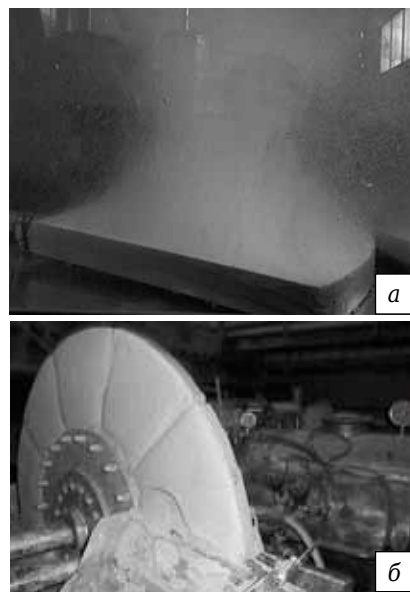


Рис. 4. Испытание опытного изделия продувкой сжатым воздухом (а) и фильтрование апатитового концентрата на пилотной фильтровальной установке (б)

составов наиболее рационально проводить обжиг керамики при температуре не выше 1250 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования показали возможность изготовления пористой проницаемой керамики методом шликерного литья в гипсовые формы с получением характеристик пористой структуры на достаточно высоком уровне. На основе отработанного способа изготовления образцов пористой керамики были получены опытные изделия. При испытании их на пилотной фильтровальной установке (рис. 4) при фильтрации рудных концентратов получены удовлетворительные параметры работы.

Получено 01.12.14
 © Б. Л. Красный, Т. С. Маринина,
 А. Л. Галганова, 2015 г.