

ШАМОТНАЯ КЕРАМИКА ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

Бул макалада жергиликтүү чийки заттардын негизинде алынган шамот керамикасынын касиеттерин изилдөөнүн жыйынтыктары каралган. Электроплитканын корпусун жана башка буюмдарды жасоочу шамот керамикасына керектүү чийки заттарды тандоо, анын массасынын курамы жана өндүрүү технологиясы боюнча жолдомолор көрсөтүлгөн.

В работе рассматриваются результаты исследования свойств шамотной керамики на основе местных сырьевых материалов. Приведены рекомендации по выбору сырья, составу масс и технологии производства шамотной керамики для корпусов электроплит и других изделий.

In this work the results of investigation of chamotte ceramic properties on the basis of local raw materials were considered. Recommendations about selection of raw, composition of mass and technology of manufacture of chamotte ceramic for corps of electroslabs were reported.

Развитие керамической промышленности связано с практической реализацией достижений научно-технического прогресса в направлениях расширения сырьевой базы и улучшения эксплуатационных свойств продукции. Основным компонентом производственных масс для изготовления простейших огнеупоров являются огнеупорные глины с отощением их шамотом.

Одной из важнейших проблем промышленности Кыргызской Республики является создание конкурентоспособной керамической продукции как на основе традиционных сырьевых материалов, так и на ранее не используемом сырье.

Цель настоящей работы заключалась в получении шамотной керамики для корпусов электроплит и других изделий, предназначенных для работы при температурах 1000-1200 °С на основе глин месторождений Кара-Киче, Кок-Мойнок, из ранее не используемого сырья - фарфоровидного глиежа, кварц-каолинового песчаника и золы Бишкекской ТЭЦ.

В Северо-Кыргызском регионе месторождения огнеупорных глин фактически отсутствуют, но имеется ряд месторождений тугоплавких глин /1-4/, огнеупорность которых значительно превышает эксплуатационные температуры шамотных огнеупоров для корпусов электроплит. Для шамотных огнеупоров регламентируется прочность на сжатие 10-80 МПа, максимальную прочность имеет шамот определенного гранулометрического состава, обожженный при температуре 1450-1500 °С /5-7/. Для оценки пригодности местных сырьевых компонентов необходимо определение физико-механических характеристик шамотных масс на основе глин месторождений Кара-Киче, Кок-Мойнок, так как в литературе эта информация отсутствует.

Материалы и методы исследования.

В составе экспериментальных масс использовались следующие компоненты: тугоплавкие глины месторождений Кара-Киче и Кок-Мойнок; шамот из глины Кара-Киче;

фарфоровидный глиеж месторождения Кок-Мойнок; кварц-каолиновый песчаник месторождения Кок-Мойнок; зола Бишкекской ТЭЦ.

Обогащения глины не производилось. Шамот и песчаник после измельчения и зола просеивались через сито с ячейками 0,2 мм; массы готовились из фракции 0,2 мм. Использование более крупных фракций (до 1-2 мм) может повысить термостойкость, но уменьшит связующую способность массы при пластичном формовании, увеличит износ оборудования и осложнит формование сложных изделий, например перегородок между канавками под спирали и др.

На основании предварительных экспериментов соотношение глины и отощителей было выбрано 50:50 и 40:60. Такое соотношение дает хорошую формовочную пластичность при небольшой усадке, достаточную связность сырца; для большинства масс ему соответствовала и максимальная прочность на сжатие обожженной керамики.

Компоненты массы с добавками воды перемешивались в шаровой мельнице в течение одного часа, затем подсушивались до влажности 16–18 %.

Образцы в форме цилиндров диаметром 18 и 50 мм и высотой 20 мм прессовали при давлении около 10 МПа. Обжиг проводился в лабораторных печах с силитовыми нагревателями при температурах 1150 и 1200 °С.

Усадка, водопоглощение, термостойкость и прочность на сжатие определялись по стандартным методикам.

Огнеупорность на образцах в виде пирамидок до температур 1450 °С определялась нагревом их вместе с пироскопами в силитовой печи, для более высоких температур использовалась специальная установка для высокотемпературных испытаний в вакууме.

При изучении свойств сырьевых материалов и керамических масс применялись рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия и другие методы анализа.

Результаты эксперимента.

Шамотные массы. Исследованы массы:

- глины Кара-Киче и шамота из этой глины;
- глины Кара-Киче и фарфоровидный глиеж.

Фарфоровидный глиеж использовался фракцией – 0,1 мм, шамот – 0,2 мм.

Зависимость усадки, водопоглощения от температуры обжига и прочности от пористости представлены на рис.1 и в табл. 1.

Анализ зависимости усадки, водопоглощения от температуры обжига показывает, что составы с фарфоровым глиежом спекаются интенсивнее, чем с шамотом. Сравнение кажущихся плотностей образцов показало, что прочность изделий уменьшается с увеличением пористости: при пористости 24 %, предел прочности на изгиб минимальный - 10 МПа (рис. 1). Снижение пористости до 19 % повышает прочность до 22 МПа. Теоретически зависимость прочности от пористости можно описать с помощью формулы Бальшина /8/:

$$\delta_n = \delta_0 (1 - P)^\theta,$$

где δ_n - прочность пористого материала; δ_0 - прочность компактного материала; θ – параметр, изменяющийся от 3 до 6; P - пористость. При построении регрессии для зависимости прочности от общей пористости исследуемых составов и сравнении ее с формулой Бальшина получили коэффициент корреляции - 0,92, $\theta = 3$ и $\delta_0 = 530$ МПа. По литературным данным /9/ прочность фарфора с пористостью 5 % составляет 70 МПа, увеличение пористости его до 24 % снижает прочность до 20 МПа.

Сравнение прочностных характеристик исследуемых составов со значениями предела прочности на изгиб для шамотной керамики показало, что шамотная керамика на основе местного сырья - глин Кара-Киче и фарфоровидного глиежа - по прочности на изгиб не уступает стандартной.

Измерения показали, что термостойкость исследуемых составов составляет 1000 °С, что соответствует стандартной шамотной керамике. Термостойкость масс глины Кара-Киче

и шамота из этой глины - ниже (коэффициент потери прочности (рис.2) при $T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ составил - 60-65 %). Это можно объяснить двойкой ролью пор в керамическом материале: с одной стороны, поры снижают прочность изделия, с другой стороны - они могут выступать в качестве препятствий на пути распространения трещин, снижая величину внутренних напряжений и повышая термостойкость. Результаты экспериментов показывают, что термостойкость исследуемых составов в основном определяется пористостью. Следует отметить, что в опытных шамотных керамиках использовался шамот с крупностью частиц менее 0,2 мм, тогда как обычно в шамотных огнеупорах для повышения термостойкости применяют фракции с крупностью до 3 мм. Можно полагать, что путем комбинации крупных и мелких частиц шамота можно дополнительно повысить термостойкость исследуемых составов. Пористость масс (из измерений кажущейся плотности) – на уровне 20–25 %.

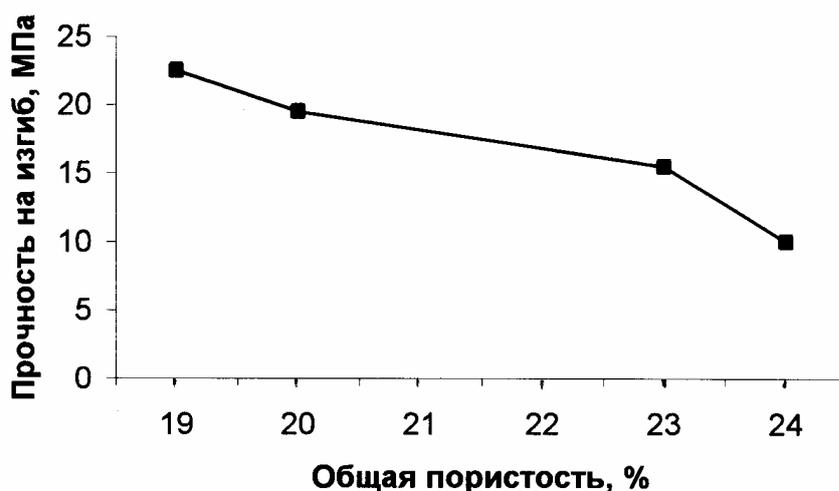


Рис. 1. Зависимость предела прочности на изгиб от общей пористости

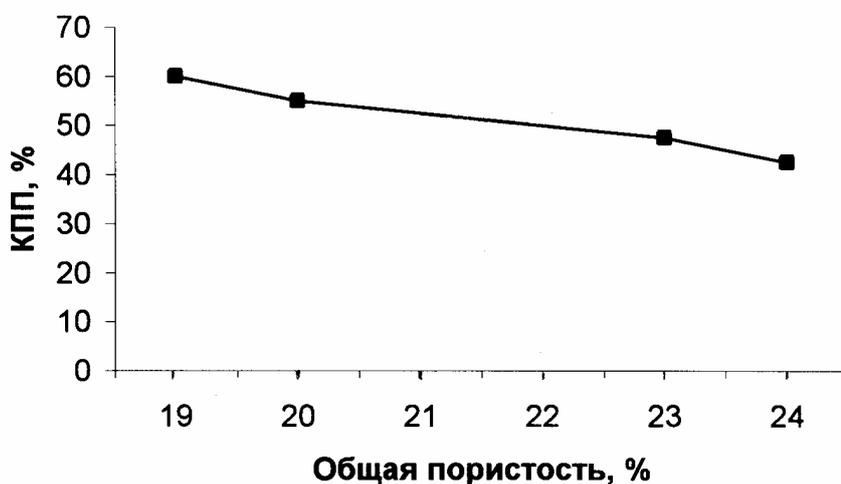


Рис. 2. Зависимость коэффициента потери прочности на изгиб от общей пористости

Шамотная керамика на основе исследуемых составов имеет огнеупорность 1580-1600 $^{\circ}\text{C}$, что соответствует шамотным изделиям категорий ШУС и ПВ /10-11/, и по всем приведенным параметрам эти массы удовлетворяют требованиям ГОСТ.

Полуокислые массы

Массы для полуокислых огнеупоров состоят из огнеупорной глины и кварцевого песка. Согласно опубликованным данным /7-12/, прочность, огнеупорность и термостойкость полуокислых огнеупоров ниже, чем шамотных. Однако стоимость полуокислых огнеупоров ниже, чем шамотных, они используются достаточно широко.

Производство полукислых изделий предусматривает использование природных глин и каолинов, содержащих свободный кварц. Значительно реже кварц или песок специально вводят в глину в качестве отошителя. Эти добавки можно вводить лишь в пластичные, хорошо спекающиеся глины, так как кварц при обжиге сильно разрыхляет изделия.

Примеси мелкозернистого кварца отражаются на характере спекания изделий. При низких температурах обжига (до 1250 °С) кварц придает им рыхлость и пористость, обусловленные полиморфными превращениями и начальной стадией кристаллизации кристобаллита. Обжиг при более высоких температурах (1300–1350 °С) приводит к уплотнению изделий, содержащих мелкозернистый кварц, за счет образования эвтектической жидкости. Изделия оклинкеруются и теряют термическую стойкость. Огнеупорные свойства снижаются тем больше, чем выше содержание плавней в сырье и чем мельче зерна кварца /7/.

Нами исследованы два варианта полукислых масс. В первом отошителем служил кварц – каолиновый песчаник месторождения Кок-Мойнок, во втором – кварцевый песок Токмакского стеклозавода. Зависимость усадки, водопоглощения и прочности на сжатие от температуры обжига для огнеупора с кварц–каолиновым песчаником представлена на рис. 3 и 4.

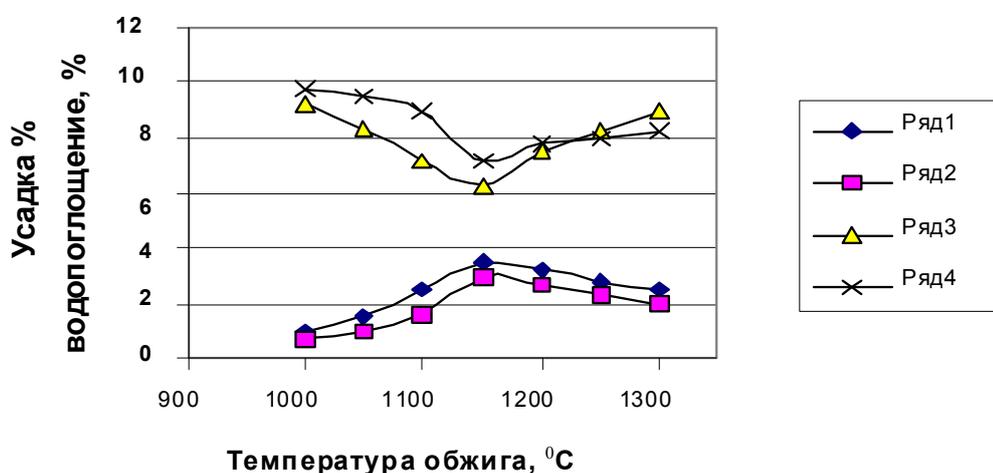


Рис. 3. Зависимость усадки (ряды 1 и 2) и водопоглощения (ряды 3 и 4) от температуры обжига для масс: а) 50 % глины и 50 % кварц-каолинового песчаника (ряды 1, 3); б) 40 % глины и 60 % кварц-каолинового песчаника (ряды 2, 4)

Из данных рис. 3 следует, что максимальная усадка (4 %) и минимальное водопоглощение соответствует температуре обжига 1150 °С. Этой же температуре обжига соответствует и максимальная прочность (рис.4). Из приведенных данных следует, что оптимальной (одновременно – и максимальной) температурой обжига является 1150 °С. При более высоких температурах обжига (или эксплуатации) происходит пережог. Прочность на сжатие керамики из массы 50 % глины и 50 % кварц-каолинового песчаника достигает 30 МПа, что достаточно для производства различных изделий, предназначенных для работы при высоких температурах.

Запасы кварц-каолиновых песчаников велики, месторождение доступно, измельчаются они легко. Однако содержащиеся в них примеси резко снижают огнеупорность массы и ограничивают область ее применения температурами до 1100 °С.

Полукислый огнеупор состава 50 % глины Кара-Киче и 50 % кварцевого песка обжигался в интервале температур 1150–1200 °С. При равных концентрациях глины массы с подобным отошителем менее пластичны, чем с шамотом и кварц-каолиновым песчаником, однако детали с простыми формами прессовались достаточно хорошо.

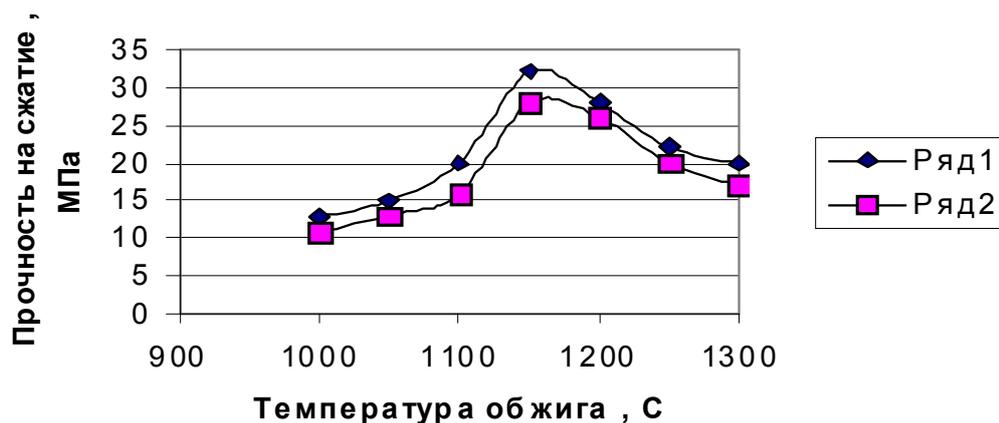


Рис. 4. Зависимость прочности на сжатие от температуры обжига для составов: а) - ряд 1 и б) – ряд 2

Свойства керамики из этой массы приведены в табл. 1. Как видно из данных табл. 1, огнеупорная масса с кварцевым песком имеет минимальную усадку, высокую огнеупорность и термостойкость, но низкую прочность.

Таблица 1

Основные характеристики исследуемых масс

Свойства	Параметры обжига	Шамотные		Полукислые		
		глина Кара-Киче - шамот Кара-Киче	глина Кара-Киче-фарфоровый глиеж	глина Кара-Киче - кварц каолиновый песчаник	глина Кара-Киче - кварцевый песок	глина Кара-Киче - зола БТЭЦ
Усадка, %	1150°C, 2ч.	6,2	9	3,5	2,2	8,5
	1200°C, 2ч.	7,8	11	3	1,7	8
Водопоглощение, %	1150°C, 2ч.	10,5	10	6	13	12,5
	1200°C, 2ч.	9	8	7	11	12
Прочность на сжатие, МПа	1150°C, 2ч.	45	60	32	12	42
	1200°C, 2ч.	50	65	27	8	33
Огнеупорность, °C		1560	1500	1250	1560	1300
Термостойкость, °C		1000	1000	800	1000	550

Изучался еще один вариант дешевой огнеупорной массы на основе глины Кара-Киче с добавками золы Бишкекской ТЭЦ в качестве отошителя.

В золе содержится значительное количества глинозема, эта масса занимает промежуточное положение между полукислыми и шамотными огнеупорами. После обжига при 1150 °C прочность на сжатие для этой керамики - на уровне 40 МПа при усадке в 12,5 % и водопоглощении в 11,0 %. Термостойкость - 500-550 °C. Повышение температуры обжига до 1200 °C приводит к некоторому снижению прочности и усадки, что свидетельствует о начале пережога. Огнеупорность - около 1300 °C (табл. 1). Большая усадка массы с золой (по сравнению с полукислыми и шамотными) обусловлена присутствием в золе значительных количеств невыгоревшего угля. Использование ее в производстве потребует значительной временной выдержки в интервале 800–900 °C с

усиленной вентиляцией печи для выжигания остатков угля, иначе возможно образование "черной сердцевины" и ухудшение прочностных свойств.

Выводы и рекомендации по применению

Проведенные исследования показывают, что наилучшим материалом для производства корпусов электроплит и других изделий, предназначенных для работы при температурах 1000-1200 °С являются шамотные массы, содержащие в своем составе глину Кара-Киче и шамот из этой глины, или фарфоровидный глиеж. Вместо указанной тугоплавкой глины может быть использована аналогичная глина месторождения Кок-Мойнок. Получение шамота из глины в настоящих условиях является дорогостоящей операцией, поэтому для поиска альтернативных вариантов параллельно проводилось изучение характеристик масс, содержащих природный шамот (фарфоровидный глиеж), а также полукислых огнеупоров различного состава. Месторождения необходимого для этих масс сырья (тугоплавких глин, глиежей, кварц-каолиновых песчаников) имеются в Джумгалском и, частично, в Тонском районах.

Исследуемые составы можно рекомендовать для эксплуатации при температурах до 1250 °С, когда они сохраняют высокую термостойкость и не будут иметь дополнительной усадки. Для более высоких рабочих температур необходимо повышение температуры обжига. Однако проведенные исследования показывают, что при температурах обжига выше 1250 °С резко уменьшается пористость огнеупоров и, соответственно, снижается их термостойкость.

Таким образом, для создания плотных шамотных огнеупоров можно использовать составы на основе глин Кара-Киче и фарфорового глиежа, для менее ответственных целей можно использовать полукислые огнеупоры.

Список литературы

1. Жекишева С.Ж. Сырьевая база и перспективы развития керамической промышленности Кыргызстана. - Фрунзе: КыргызВИИНТИ, 1989. - 60 с.
2. Минеральные ресурсы неметаллических полезных ископаемых Кыргызской Республики. - Бишкек, 1995. - 394 с.
3. Боркочев Б.М., Жердев А.М., Саймасев М.С., Дженчурев Д.Д., Мамбетов Б.М. Перспективы использования сырьевых ресурсов Северо-Кыргызского региона в производстве технической керамики // Материалы Международной конференции «Изучение гор и жизнь в горах». – Бишкек, 2000. – С. 138-145.
4. Свойства технической керамики из сырья КР / Б.М. Боркочев, А.М. Жердев, М.С. Саймасев, К.Т. Макаева // Вестник КНУ им. Ж. Баласагына, сер. 3.- Бишкек, 2003. – С. 29-33.
5. Балкевич В.Л. Техническая керамика. - М.: Стройиздат, 1984. - 256 с.
6. Кингери У.Д. Введение в керамику. - М.: Стройиздат, 1967. - 498 с.
7. Стрелов К.К. Структура и свойства огнеупоров. - М.: Металлургия, 1972 – 216 с.
8. Андриевский Р.А. Порошковое материаловедение. - М.: Металлургия, 1991. – 205 с.
9. Августинник А.И. Керамика. - Л.: Стройиздат, 1975. - 592 с.
10. ГОСТ 20419-83. Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования. - М.: Изд-во стандартов, 1986.
11. Сооружение промышленных печей /Под ред. И.А.Шишкова. - М.: Стройиздат, 1986. – 413 с.
12. Бакунов В.С., Беляков А.В. Получение огнеупоров с заданными свойствами // Огнеупоры. – 1995. - №1. - С.15-17.