

УДК 666.9-13

ПРИМЕНЕНИЕ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛА ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПЕРЕГОРОДКИ В ФИЛЬТРАХ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТИ

Бутолин С.В., студент гр. ТМОм-21, II курс магистратуры,
Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола,
Чернова Г.А., студентка гр. 35164-ТД-2, V курс,
ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород,
Научный руководитель: Полянин И.А., профессор, доктор технических наук,
Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола.

При очистке углеводородов в настоящее время активно используются следующие материалы: ткань, бумага, войлок, фарфор, металлические сетки и др. Каждый из перечисленных материалов имеет свои недостатки, поэтому список используемых материалов остаётся открытым, т.е. в него постоянно включают различные инновационные материалы. Керамика наряду с выше перечисленными материалами имеет ряд существенных особенностей, поэтому керамику можно отнести к материалам, занимающим лидирующую позицию по использованию в качестве фильтрующего элемента.

Особенности керамики [1]:

1. Основным достоинством этого материала является высокая прочность, выраженная в способности сопротивляться знакопеременным и вибрационным нагрузкам, тем самым сохраняя работоспособность на всём протяжении эксплуатации;
2. Обладает необходимыми свойствами для регенерации, что влияет на экономичность использования
3. Благодаря коррозионной стойкости существует возможность использования в агрессивных средах;
4. Вследствие большой пористости и извилистого расположения пор наблюдается эффективная фильтрация;
5. Доступность сырья и небольшие производственные затраты обуславливают широкое распространение и применения керамики;
6. Производство керамики более безопасно и экологично, чем производство металлических материалов.

В качестве материала для фильтрующего элемента фильтра целесообразно использовать корундовую керамику. Она обладает рядом ценных свойств и достоинств: высокая прочность, сохраняющаяся даже при 1600-1700⁰С, стойкость под воздействием влажной среды, химическая стойкость, важные диэлектрические свойства, а также доступность и относительно низкая стоимость сырья, поэтому она нашла широкое применение в промышленности.

В целом, корундовая керамика – это керамика, которая состоит преимущественно из оксида алюминия (Al_2O_3). Название дано в соответствии с существующим в природе минералом корундом. Она является наиболее распространённым видом оксидной керамики. Сырьём для её получения выступает глинозём, который широко распространён.

В связи с тем, что свойства корундовой керамики в настоящий момент изучены достаточно хорошо, существует возможность в промышленном масштабе изготавливать изделия почти с теоретической плотностью либо с пористостью до 90%. Поры, содержащиеся в спечённых керамических материалах, подразделяются на две группы (рис. 1):

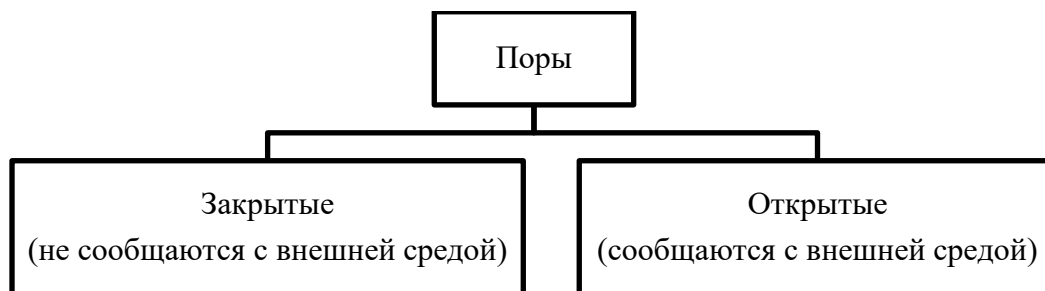


Рисунок 1. Классификация пор спеченных керамических материалов

Пористость часто формируется целенаправленно, и это свойство используется во многих отраслях, в частности используется в процессе очистки углеводородов с применением керамических фильтрующих элементов. Тем не менее, не стоит забывать о том, что пористость – это явление противоречивое, т.е. в некоторых сферах она играет отрицательную роль.

Важной особенностью спечённой корундовой керамики является её чрезвычайная прочность. При комнатной температуре предел прочности при сжатии достигает 3000 МПа. Стоит отметить, что при проведении испытаний наблюдаются некоторые трудности, связанные с тем, что часто образцы керамики из-за повышенной твёрдости и прочности вдавливаются в металлические штампы оборудования. Поэтому приводимые в литературы значение $\sigma_{сж}$ занижены (1000-1500 МПа). Максимальная прочность развивается при введении магнийсодержащих добавок, замедляющих рекристаллизацию корунда, что наряду с низким содержанием Na_2O обеспечивает наиболее высокий предел прочности при изгибе. Пористая керамика с добавками TiO_2 и ZrO_2 обладает наиболее низким пределом прочности (табл. 1) [2].

Кроме того, корундовая керамика обладает высоким сопротивлением ползучести. Она не претерпевает заметной деформации при изгибе при $1300^{\circ}C$ и напряжении до 30 МПа. Температура начала деформаций корундовой керамики под нагрузкой 0,2 МПа весьма высока и достигает $1900^{\circ}C$. Введение малых добавок MgO и ZrO_2 практически не влияет на температуру начала деформации керамики, добавка же TiO_2 её снижает на $40-50^{\circ}C$.

Коэффициент термического расширения корундовой керамики в интервале температур 20-1500 °С составляет $(1 \div 1,1) \times 10^{-5}$ град⁻¹, а в интервале 20-1000°С – $0,85 \times 10^{-5}$ град⁻¹.

Таблица 1. Прочность корундовой керамики при различных температурах

t, °С	20	400	600	800	1000	1100	1200	1400	1500	1600
$\sigma_{сж}$, МПа	3000	1500	1400	1300	900	600	500	250	100	50
$\sigma_{разр}$, МПа	265	–	–	240	238	221	130	30	11	–
$E \times 10^5$, МПа	3,82	3,70	3,60	3,45	3,22	–	3,75	2,05	1,50	–

Корундовая керамика обладает высокой теплопроводностью, при 20°С она достигает 20,0 - 41,8 Вт/(м×К), но значительно снижается с ростом температуры до некоторого минимума, выше температуры этого минимума теплопроводность несколько возрастает.

Термостойкость корундовой керамики неоднозначна, т.е. зависит от её микроструктуры. Например, корундовые цилиндры диаметром 35 и высотой 50 мм выдерживают не более 2 - 4 водяных теплосмен от 800°С. Термостойкость увеличивают введением добавок 0,5-1% TiO₂, 2-10% ZrO₂ и 0,1% MgO, в то время как добавка 1-5% MgO снижает термостойкость. Корундовая керамика имеет максимальную термостойкость до 30-40 воздушных теплосмен от 1500 °С, несмотря на снижения при этом отношения $\sigma_{изг}/E$.

Корундовая керамика широко применяется в качестве диэлектрика, т.к. характеризуется наиболее высокими электрофизическими свойствами из всех доступных высокоогнеупорных оксидов. Диэлектрические свойства корундовой керамики значительно возрастают при снижении в ней Na₂O и SiO₂.

Вследствие хорошей химической устойчивости к кислым и щелочным реагентам корундовая керамика нашла применение и в химической промышленности. При нормальной температуре на неё практически не действует даже фтористоводородная (плавиковая) кислота [3].

Таким образом, выбор именно корундовой керамики в качестве фильтрующего элемента позволяет повысить коррозионную стойкость, прочность фильтрующей перегородки. Это будет способствовать увеличению срока службы фильтра, а широкое распространение относительно дешёвого сырья для изготовления корундовой керамики представляется экономически целесообразным. Низкий коэффициент теплового расширения относительно металлических фильтрующих элементов даёт возможность проводить фильтрацию при более высоких температурах. Немаловажную роль играет низкая плотность и масса керамики, что, безусловно, влияет на вес фильтра в целом.

Список литературы:

1. Лукин Е. С. и др. Современная оксидная керамика и области ее применения // Конструкции из композиционных материалов. – 2007. – №. 1. – С. 3-13.
2. Кайнарский, И. С. Корундовые огнеупоры и керамика / И. С. Кайнарский, Э. В. Дегтярёва, И. Г. Орлова. – М.: «Металлургия», 1981. 168 с.
3. М. О. Сенина, А. И. Захаров Пористый керамический материал со слоистой структурой // Успехи в химии и химической технологии. Том 28.. - 2014. - №8. - С. 80-82.