

ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ИЗ ЛЕГКОПЛАВКОЙ САХАРОВСКОЙ ГЛИНЫ С ДОБАВКОЙ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ ТАТАРСКО-ШАТРАШАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Арискина К.А.

*ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420111, г. Казань, ул. Кремлевская, д.16а.*

e-mail: kristina.ariskina.95@mail.ru

поступила в редакцию 19 июля 2016 года

Аннотация

В статье исследован характер разрушения при сжатии керамических материалов на основе легкоплавкой глины Сахаровского месторождения с добавкой цеолитсодержащей породы (ЦСП) Татарско-Шатрашанского месторождения.

Ключевые слова: керамика, прочность на сжатие, характер разрушения.

Введение. Одним из основных широко распространенных видов конструкционных материалов наряду с металлами, полимерами и композитами является керамика. Перспективность керамики в современном мире обусловлена широким спектром варьируемых физических и химических свойств. Однако присущая ей хрупкость существенно ограничивает возможные области применения. В связи с этим изучение механизмов и особенностей разрушения под действием механической нагрузки чрезвычайно важно при исследовании прочностных характеристик керамических образцов.

У.Д. Кингери в своей монографии [1] подчеркивал многоаспектность в изучении процесса разрушения материалов. Он справедливо отмечал, что «...разрушение под действие механических напряжений у разных материалов и в разных условиях осуществляется не за счет какого-то одного простого механизма, а за счет действия нескольких совершенно различных явлений. Положение усложняется еще более тем, что один и тот же материал разрушается по-разному в зависимости от величины напряжений, скорости нагружения, предыстории образцов, окружающей среды и температуры. Игнорирование какого-либо из факторов или одновременного их действия и незнание роли различных механизмов разрушения могут привести к значительным ошибкам».

Разрушение хрупких материалов. В отличие от пластичных материалов, таких как металлы, которые при сжимающей нагрузке практически не разрушаются, хрупкие материалы подвержены разрушению при сжатии.

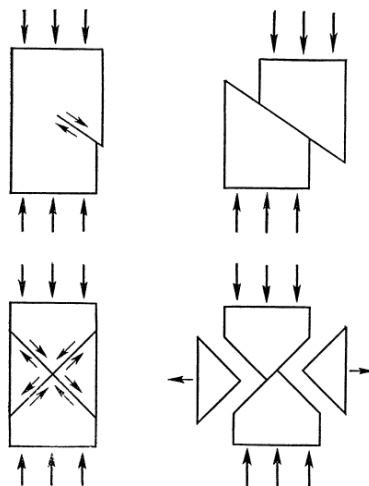


Рисунок 1. – Сжатие хрупкого материала [2].

Последние характеризуются наличием в их объеме множества микротрещин и царапин, которые имеют всевозможные направления. Значительное число их окажется направленным под углом $\pm 45^\circ$ к напряжению сжатия, то есть они будут более или менее параллельны возникающим напряжениям сдвига [2]. Кроме того, на поверхности материала также имеются микротрещины. При достижении этими трещинами определенной критической длины начинается процесс разрушения (рисунок 1).

У пластичных материалов (металлы) прочность при сжатии равна прочности при растяжении. У хрупких материалов прочность при сжатии в 15 раз выше, чем при растяжении. Причина в том, что при сжатии трещины растут устойчиво параллельно оси сжатия. При растяжении самая длинная трещина растет неустойчиво [3].

Экспериментальная часть. С целью исследования механизмов разрушения изготавливались керамические образцы из легкоплавкой глины Сахаровского месторождения, не образующей при обжиге новых минеральных фаз, с добавлением ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения. Исходные компоненты подвергались диспергированию до прохождения через сито с ячейкой 0,5 мм. Затем глину модифицировали ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения с массовыми долями 5%, 10%, 15% и 20% от общей массы. Сырец приготавливали путем компрессионного (15 МПа) формования. По истечении суток проводили обжиг при температуре 1000-1150 $^\circ$ C с шагом 50 $^\circ$ C в муфельной печи LOIP LF-7/13, время обжига – 4 часа.

Для исследования микроструктуры керамических образцов применялась электронная микроскопия (EVO-50XVP). Измерение прочности на сжатие проводилось на прессе гидравлическом ПГМ-500МГ4 (Стройприбор, Россия).

Результаты и их обсуждение. В результате исследований было выявлено снижение прочностных характеристик полученных образцов при увеличении доли ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения, что связано с интенсификацией поровой фазы. Образованные поры размером менее 5 мкм, равномерно распределенные по объему керамического образца, уменьшают площадь поперечного сечения керамического материала, к которой приложена нагрузка, способствуя снижению значения прочности (рисунок 2).

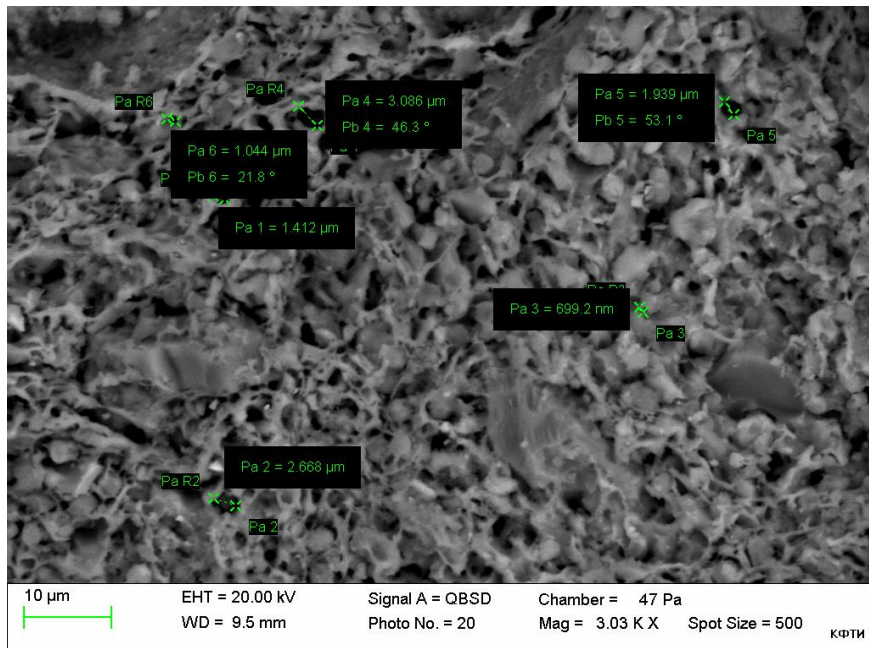


Рисунок 2. – РЭМ изображение глины Сахаровского месторождения с 20% ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения. $T_{обж.} = 1000^\circ\text{C}$.



Рисунок 3. – Характер разрушения образца без добавки (слева) и образца с 15 % ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения (справа). $T_{\text{обж.}} = 1000^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 3 представлено изображение разрушенных образцов, предварительно обожженных при температуре 1000°C . У образца из чистой глины (слева) в результате роста трещин наблюдаются небольшого размера сколы по краям и массивный осколок в центре. Примерно четвертая часть разрушенного образца представлена высокодисперсными частицами, что свидетельствует о невысокой прочности (19 МПа); центральный скол близок к 70° .

При добавлении 15% ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения наблюдается снижение прочности до 7 МПа. Разрушенный образец (рисунок 3, справа) представлен массивным осколком в центре и более мелкими по краям. Третью часть разрушения составили высокодисперсные частицы; центральный скол близок к 60° .



Рисунок 4. – Характер разрушения образца без добавки (слева) и образца с 20 % ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения (справа). $T_{\text{обж.}} = 1100^{\circ}\text{C}$.

Анализируя характер разрушения керамических образцов, подверженных тепловой обработке при температуре 1100°C , отмечаем уменьшение объема высокодисперсных частиц в составе по сравнению с разрушенными образцами, обожженными при более низких температурах (рисунок 4).

При сжатии у образца из чистой глины (слева) в результате роста трещин наблюдается массивный осколок и более мелкие по краям; центральный скол близок к 70° , прочность составляет 33 МПа.

Добавка 20% ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения (справа) снижает значение прочности до 11 МПа. Наблюдается массивный осколок в центре, центральный скол близок к 60° .

В результате испытаний на сжатие в образце из Сахаровской глины (слева), обожженной при температуре 1150°C , рост трещин наблюдался в направлении, параллельном оси образца. По характеру разрушения отмечается сильная раздробленность по всему объёму, причем осколки, в основном, пикообразной формы, что свидетельствует о высокой прочности образца – 135 МПа; центральный скол близок к 90° (рисунок 5).



Рисунок 5. – Характер разрушения образца без добавки (слева) и образца с 15 % ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения (справа). $T_{обж.} = 1150^{\circ}\text{C}$.

Добавка 15% ЦСП Татарско-Шатрашанского месторождения (справа) привела к снижению прочности до 70 МПа. По характеру разрушения также наблюдается раздробленность по всему объёму, массивные осколки, центральный скол близок к 80° .

Заключение. По проведенным исследованиям можно сделать выводы относительно механизма разрушения керамических образцов на основе легкоплавкой Сахаровской глины с добавкой цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения.

1. При сжатии образцов с прочностью до 20 МПа рост трещин происходит под углами $60-70^{\circ}$ и характер разрушения представлен крупными сколами в центре со значительной частью высокодисперсных частиц.

2. При сжатии образцов с прочностью от 20 до 50 МПа рост трещин наблюдается под углами $70-80^{\circ}$, характер разрушения представлен незначительной долей высокодисперсных частиц и раздробленностью по всему объёму с небольшими осколками.

3. При сжатии образцов с прочностью от 50 МПа и выше рост трещин наблюдается под углами $80-90^{\circ}$, характер разрушения представлен сильной раздробленностью и множественными осколками пикообразной формы.

Список литературы

- 1) Кингери У.Д. Введение в керамику. Второе изд. Пер. с англ. М. Стройиздат. 1967. 500 с.
- 2) Гордон Дж. Конструкции, или почему не ломаются вещи. М.: Издательство «Мир». 1980. 390 с.
- 3) Эшби М., Джонс Д. Конструкционные материалы. Полный курс. Издатель: Интеллект. 2010. 672 с.