

## ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАТАЛИЗАТОРАХ НА ОСНОВЕ РУДЫ ЦЕОЛИТОВ

А.А. Новоселов, А.А. Мельберт, В.А. Синицын, Е.В. Титова

*Предложено использование руды цеолитов в составе шихты для получения каталитических блоков нейтрализаторов отработавших газов дизелей высокотемпературным синтезом. Получены аналитические зависимости, связывающие эффективность очистки газов от оксидов азота, углеводородов, оксида углерода и твердых частиц от содержания цеолитов в шихте.*

*Ключевые слова: руда, шихта, высокотемпературный, синтез, каталитический, нейтрализатор, дизель, очистка, отработавшие газы, цеолиты.*

Цеолиты (ЦЛТ), представляющие собой группу минералов водных алюмосиликатов широко распространены в природе. С точки зрения формирования состава СВС-каталитических материалов цеолиты привлекают тем, что уже содержат в своем составе целый ряд компонентов, необходимых для получения интерметаллидов в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Содержание цеолитов в породе достигает 55-70 % [1].

Изменение дозирования цеолитов в состав шихты ограничивалось 16,8 %, поскольку при увеличении содержания их по массе свыше проявлялось в снижении физико-механических свойств.

При анализе изменения физических характеристик пористых проницаемых СВС-каталитических материалов при добавлении в состав шихты цеолита было обращено внимание на средний приведенный диаметр пор  $d_p$ , извилистость пор  $\xi_p$ , удельную поверхность  $F_{уд}$  и пористость  $\Pi$  материалов.

Было обнаружено, что при увеличении количества цеолита с 14 до 17% по массе в шихте пористость материала возрастает с 0,38 до 0,58 или в 1,53 раза за счет увеличения количества инертных веществ и веществ участвующих в процессе горения шихты.

Однако следует отметить, структурный каркас из Fe, Cr, Ni сохраняется, а пространства в нем лучше освобождаются от остатков высокотемпературного синтеза. Влияние содержания в шихте руды цеолита в процентах по массе и относительного содержания цеолита к алюминию описано нами выражениями (1) и (2):

$$\Pi = 0,069 \cdot C_{\text{ЦЛТ}} - 0,596, \% \quad (1)$$

$$\Pi = 0,864 \cdot C_{\text{ЦЛТ/Al}} - 0,604, \% \quad (2)$$

Здесь введено в выражении (2) и далее на графиках условное обозначение ЦЛТ/Al - относительное содержание цеолита к содержанию алюминия в шихте.

Зависимости (1) и (2) имеют линейный характер и показывают значительное влияние цеолита в составе шихты для получения каталитических материалов с использованием высокотемпературного синтеза на их пористость.

Рост концентрации цеолита в шихте с 14 до 17% приводит к увеличению извилистости пор с 1,20 до 1,30 или в 1,08 раза. Следует отметить, что этот рост незначителен, однако и он может влиять на теплофизические обменные процессы в материале.

Экспериментальные данные свидетельствуют о влиянии содержания в шихте цеолита на извилистость пор в СВС-каталитическом материале. Эта зависимость описана нами двумя выражениями:

$$x_{II} = 0,032 \cdot C_{\text{ЦЛТ}} + 0,762; \quad (3)$$

$$x_{II} = 0,393 \cdot C_{\text{ЦЛТ/Al}} + 0,758. \quad (4)$$

Извилистость пор в материалах с цеолитом имеет большой разброс, что объясняется только возможностями измельчения породы и руды и повышения требованиям к предварительной активации шихты.

Распределение фракций в разломе руды цеолита с породой в значительной степени оказывает влияние и на величину среднего приведенного диаметра пор в СВС-каталитическом материале.

Экспериментально определено, что при

увеличении концентрации цеолита в шихте с 14 до 17% по массе происходит увеличение среднего приведенного диаметра пор в материале со 125 до 147 мкм или в 1,18 раза. Это явление можно считать положительным. Линейно же возрастает и значение среднего приведенного диаметра пор от относительно содержания ЦЛТ/АІ. Так при изменении ЦЛТ/АІ в пределах от 1,13 до 1,37  $d_p$  возрастает в 1,18 раза. Получены выражения описывающие эти зависимости:

$$d_{II} = 7,515 \cdot C_{ЦЛТ} + 19,311, \text{ мкм}; \quad (5)$$

$$d_{II} = 93,933 \cdot C_{ЦЛТ/АІ} + 18,372, \text{ мкм}, \quad (6)$$

Большой интерес представляют полученные экспериментальные данные о влиянии массовой концентрации цеолита ЦЛТ/АІ на величину удельной поверхности полученных пористых проницаемых СВС-каталитических материалов.

При увеличении концентрации цеолита в состав шихты с 14 до 17% по массе удельная поверхность материала увеличивается с 95 до 124 м<sup>2</sup>/г или в 1,305 раза. Для каталитических материалов показатель удельной поверхности материала очень важен, т.к. он характеризует площадь контакта газов с катализаторами. Полученные данные описаны выражениями:

$$F_{уд} = 2,558 \cdot C_{ЦЛТ}^2 - 69,878 \cdot C_{ЦЛТ} + 572,45, \text{ м}^2/\text{г}; \quad (7)$$

$$F_{уд} = 375,33 \cdot C_{ЦЛТ/АІ}^2 - 821,95 \cdot C_{ЦЛТ/АІ} + 545,04, \text{ м}^2/\text{г}. \quad (8)$$

Увеличение концентрации цеолита в составе шихты повышает проницаемость СВС-каталитических материалов. Коэффициент проницаемости, который является одним из структурно-зависимых показателей пористых СВС-материалов. Проницаемость материала представляет собой сложную функцию оптимизации, включающую структуру порового пространства материала и параметры технологического процесса [3].

В нашем случае увеличение содержания цеолита в шихте материалов с содержанием цеолита с 14% до 17% по массе привело к повышению проницаемости с  $1,30 \cdot 10^{-12}$  до  $2,00 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup> или в 1,538 раза.

В результате математической обработки результатов экспериментов получено выражение, связывающие коэффициент прони-

цаемости с содержанием цеолита в шихте для изготовления СВС-каталитических материалов:

$$K_{пр} = 0,231 \cdot C_{ЦЛТ} - 1,925 \cdot 10^{-12}, \text{ м}^2. \quad (9)$$

Увеличение содержания в шихте цеолита в значительной мере влияет на механическую прочность материала, полученного СВ-синтезом в сложной системе. Опытным путем было установлено, что увеличение содержания цеолита в шихте с 14 до 17% по массе приводит к снижению механической прочности при сжатии с 8,2 до 4,9 МПа или в 1,67 раза.

При изменении содержания цеолита в тех же пределах происходит увеличение механической прочности на изгиб с 5,9 до 4,3 МПа или в 1,372 раза.

Увеличение содержания цеолита в системе не приводит к существенному изменению фазового состава конечного продукта реакции, однако структура становится менее однородной за счет общего объема зафиксированного  $\beta$ -твердого раствора, образующего вместе с  $\alpha$ -фазой микроструктуру грубоигольчатого типа.

В результате обработки экспериментальных данных были получены выражения, описывающие зависимости  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{изг}$  от содержания цеолита в шихте:

$$\sigma_{сж} = -1,103 \cdot C_{ЦЛТ} + 23,627, \text{ МПа}; \quad (10)$$

$$\sigma_{изг} = -0,566 \cdot C_{ЦЛТ} + 13,79, \text{ МПа}. \quad (11)$$

В результате экспериментальных исследований обнаружено, что при увеличении концентрации цеолита в шихте с 14 до 17% по массе ударная вязкость полученных СВС-материалов снижается с 0,295 до 0,231 Дж/м<sup>2</sup> или в 1,277 раза.

Полученные зависимости описаны выражениями:

$$n_{уд} = -0,005 \cdot C_{ЦЛТ}^2 + 0,132 \cdot C_{ЦЛТ} - 0,586, \text{ Дж/м}^2; \quad (12)$$

$$n_{уд} = -0,7725 \cdot C_{ЦЛТ/АІ}^2 + 1,667 \cdot C_{ЦЛТ/АІ} - 0,603, \text{ Дж/м}^2. \quad (13)$$

Увеличение концентрации в составе шихты веществ подвергающихся коррозии при добавлении цеолита увеличивает потери массы материала при проведении испытаний

## ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАТАЛИЗАТОРАХ НА ОСНОВЕ РУДЫ ЦЕОЛИТОВ

по стандартной методике. Рост концентрации цеолита в составе шихты с 14 до 17% по массе приводит к увеличению потери массы материала с 14,5 до 16,3% или в 1,124 раза.

В результате проведенных испытаний обнаружено, что при увеличении содержания цеолита в шихте с 14 до 17% качество очистки газов от твердых частиц увеличивается с 89,5 до 93,8 %, что нельзя считать значительным. Качество очистки газов, от оксида углерода CO, увеличивается с 34 до 47 %, что является уже существенным. Качество очистки от углеводородов увеличивается всего на 11 %. А качество очистки от оксидов азота увеличивается с 30 до 45 % или в 1,5 раза.

В результате обработки экспериментальных материалов получены аналитические зависимости, связывающие эффективность очистки газов при температурах 850 К с содержанием цеолита в шихте:

$$d_{Tч} = 1,439 \cdot C_{цйт} + 69,424, \% \quad (14)$$

$$d_{CO} = 4,280 \cdot C_{цйт} - 26,605, \% \quad (15)$$

$$d_{C_xH_y} = 3,590 \cdot C_{цйт} - 5,544, \% \quad (16)$$

$$d_{NOx} = 1,897 \cdot C_{цйт} + 2,892, \% \quad (17)$$

Таким образом, проведем полный комплекс исследований СВС-каталитических материалов, позволяющий сделать возможности о замещении редкоземельных элементов рудой цеолита и получения каталитических интерметаллидов, что свидетельствует о положениям использования высокотемпературного синтеза [4].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анциферов, В.Н. Высокопористые алюмосиликатные материалы: получение, свойства, применение / В.Н. Анциферов, С.Е. Порозова. - Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та, 1995. - 120 с.
2. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник / А.А. Батаев, В.А. Батаев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 384 с.
3. Вакалова, Т.В. Пористая фильтрующая керамика из силикатного сырья Сибири / Т.В. Вакалова, В.М. Погребенков, Н.А. Куликовская, Н.А. Рудина // Стекло и керамика. - 2003. - №5. - С. 23-26.
4. Итин, В.И. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений/ В.И. Итин, О.С. Найбороденко-Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989.-214 с.

**Новоселов А.А.**, к.т.н., инженер, докторант кафедры Автомобили и тракторы

e-mail: [at-05@list.ru](mailto:at-05@list.ru),

тел. (83852) 290815

**Мельберт А.А.**, д.т.н., проф., Зав. каф. Безопасности жизнедеятельности

e-mail: [aamelbert@mail.ru](mailto:aamelbert@mail.ru),

тел. (83852) 290945

**Синицын В.А.**, д.т.н., проф. кафедры Двигатели внутреннего сгорания,

e-mail: [D21200403@mail.ru](mailto:D21200403@mail.ru),

тел. (83852) 260516

**Титова Е.В.**, аспирант кафедры Автомобили и тракторы

e-mail: [at-05@list.ru](mailto:at-05@list.ru),

тел. (83852) 290815

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Барнаул, просп. Ленина, 46