

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

В.В. Евстигнеев, Н.П. Тубалов, О.А. Лебедева, В.И. Верещагин

В настоящее время возникает острая необходимость в применении пористых проницаемых материалов, которые составляют основу различных устройств. Эти задачи могут быть решены с применением самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [1]. Большое значение для получения пористых изделий имеет выбор исходных компонентов реакционных композиций.

Металлические порошки, используемые для получения пористых интерметаллических материалов, дороги и дефицитны. Авторами сделана попытка создания пористых металлокерамических материалов с использованием реакций горения (СВС) на основе отходов машиностроения.

Применение производственных отходов в качестве материала для СВС-процесса позволяет решить задачу снижения стоимости исходных материалов и утилизации отходов, не нашедших адекватного применения [1].

Основу композиционных составляющих шихты для получения пористых проницаемых материалов составляют промышленные отходы машиностроительных предприятий, представляющие собой оксиды металлов и металлические порошки. Разработка пористых материалов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза на основе оксидов металлов (окалина), помимо научной новизны и актуальности имеет также эколого-экономическую значимость.

Разработаны оптимальные составы шихт смесей для получения металлокерамических материалов. В качестве исходных материалов для реакционных смесей были взяты следующие материалы: окалина легированной стали 18Х2Н4МА, содержащая в качестве легирующих элементов 18% хрома, 2% никеля и 4% молибдена.

Фазовый состав окалина, определенный рентгеновским количественным анализом включает оксиды железа 58÷59%. Железо (феррит) 40÷48% и оксиды легирующих элементов 1,5÷2,0%. В исходных пластинах ока-

лины составляющие распределяются на поверхности и в приповерхностном слое глубиной до 25 мкм (измерено на специально подготовленном поперечном шлифе пластины окалина, более глубокие слои образованы ферритом). Процесс горячей обработки стали, сопровождающийся образованием окалина достаточно кратковременен, и феррит не претерпевает внутреннего окисления (рис. 1).

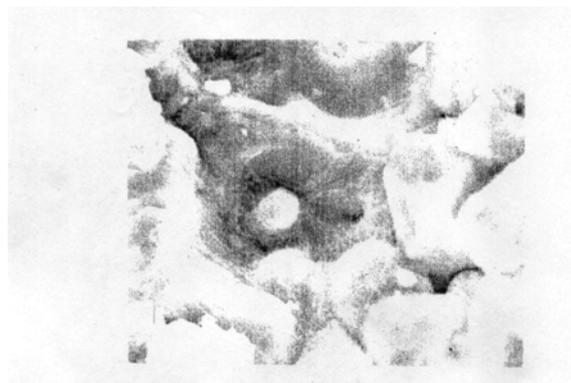


Рис. 1. Электронномикроскопический снимок скола частицы окалина стали 18Х2Н4МА x 3000.

Электрокорунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) применяли в виде порошка фракции 50÷60 мкм (МРТУ-6-092046-644), форма зерна угловатая, округлая. Порошок алюминия использовали марки АСД-1 с содержанием алюминия более 90% (по массе), форма зерна округлая (ТУ 48-5-22-87).

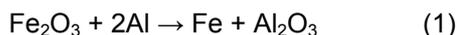
Подготовка исходных материалов для получения СВС-методом пористых материалов заключается в дроблении пластинок окалина с помощью конусной дробилки КИД-100 и выделении фракции 63÷125 мкм на соответствующих ситах. Подготовка порошков корунда и алюминия заключалась в сушке и просеивании через сито № 0.063.

Количественное соотношение компонентов шихты взято из расчета термосинтеза при температурах 950÷1050⁰С, исключаящее

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

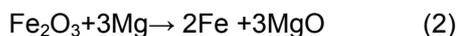
плавление составляющих шихты. Это обеспечивалось уменьшением количества жидкого алюминия. Соотношение компонентов реакционных смесей менялось в следующих пределах: окалина стали 18Х2Н4МА – 46÷50%(масс.), оксид алюминия 40÷44 % (мас.), алюминий 8÷10% (масс.).

Реакция окисления протекает по схеме:



Реакция высоко экзотермическая $Q=4 \cdot 10^6$ Дж/кг, температура горения 1500-1900 К, скорость горения $1,5 \div 2,0 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Поскольку высокотемпературный синтез является разновидностью горения, то он начинается с инициирования этой реакции. Нами использовался железо-магниевый термитный состав по реакции:



Для инициирования реакции использовали также электрическую спираль.

В основе СВС метода лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или несколько химических элементов, соединений, протекающая в режиме направленного горения. Процесс осуществляется в тонком слое смеси исходных реагентов после локального инициирования реакции и распространяется по всей системе благодаря теплопередаче от горячих продуктов к «не нагретым» исходным веществам. Скорость распространения реагирующего слоя и температура реакции зависят от целого ряда физико-химических параметров. К ним относятся термодинамические параметры: теплота образования нового химического соединения, теплоемкости продуктов реакции, начальная температура процесса, состав смеси, физические параметры: теплопроводность смеси порошков, плотность брикета, внешнее давление газа, форма и размер частиц порошков, полидисперсность, степень наклепа или дефектность структуры частиц компонентов, наличие внешних воздействий, технологические: однородность перемешивания компонентов смеси, степень активации порошков, концентрация в них адсорбированных примесей и растворенных газов.

Для изготовления пористых изделий из полученных смесей нами разработана технологическая схема, учитывающая основные элементы принципиальных схем СВС-методом (рис. 2).

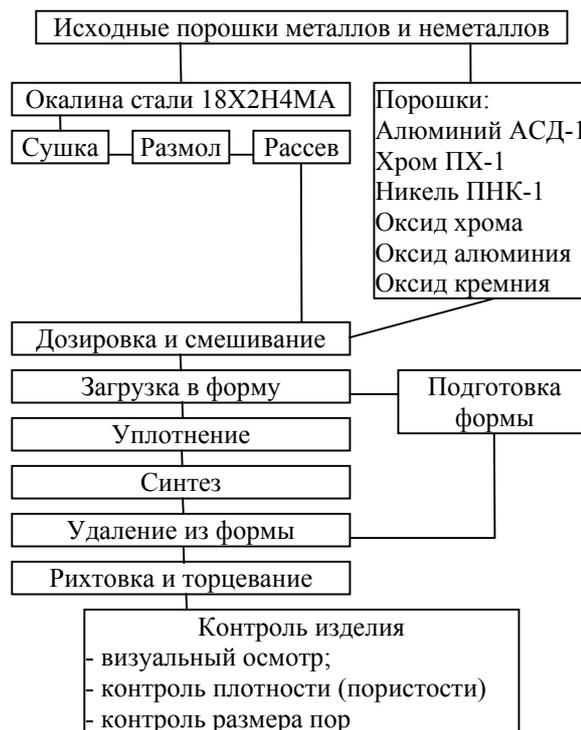


Рис. 2. Технологическая схема получения пористых проницаемых изделий методом СВС из композиций системы $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Al}$

Приведенная схема наглядно иллюстрирует гибкость операции технологического горения в аспекте получения широкой номенклатуры целевых изделий различного типа [3,4].

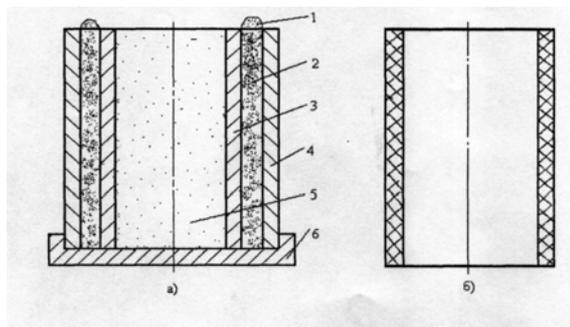


Рис.3. Пресс-форма для получения изделий методом СВС (а) и готовое пористое изделие – фильтр (б).

- 1 – железо-магниевый термит для инициирования процесса СВС;
- 2 – реакционная смесь порошков окалины, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, Al;
- 3 – внутренняя стенка формы (вкладыш);
- 4 – наружная стенка формы;
- 5 – дно формы;
- 6 – инертная засыпка

Технологический процесс получения изделий с помощью самораспространяющегося высокотемпературного синтеза характеризуется следующим:

- ограниченное количество основных операций;
- безотходность;
- глубокое превращение исходных компонентов в процессе термосинтеза, при этом происходят радикальные изменения структуры и свойств материала с изменением агрегатного состояния;
- возможность получения готовых изделий заданной формы, не требующих дополнительной обработки [4].

В качестве примера приводится схема получения пористого изделия типа «цилиндр». Технология изготовления изделия включает следующие операции:

Формование. Подготовленную металлическую форму заполняли реакционной смесью свободной засыпкой (рис. 3). Для исключения образования внутренних полостей проводилось виброуплотнение на вибростоле (горизонтальные колебания 3÷8 мм; частота колебаний 2÷4 Гц, время колебаний 3÷5 мин.). Формообразующая поверхность не должна иметь следов коррозии, налипания спекаемой смеси, неровностей, трещин, сколов. Контроль размеров осуществляется измерительным инструментом в соответствии с конструкторской документацией.

Инициирование реакции и проведение процесса СВС. На поверхность уплотненной реакционной смеси наносится тонкий слой железо-магниевого термита. Инициирование горения осуществляется электрической спиралью. Скорость горения при термосинтезе $1,5\div 2,0 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Охлаждение. После охлаждения пресс-формы на воздухе ее раскрывают и удаляют готовое изделие. Готовое изделие очищают металлической щеткой с поверхности и изнутри от засыпки и не прореагировавших частиц. Первичный контроль изделий проводится визуально. Изделие не должно иметь трещин, механических повреждений, раковин и пустот, следов оплавления. Форма, геометрия и основные размеры изделия должны соответствовать требованиям технических условий. Торцы цилиндрического изделия обрабатываются шлифованием до заданного техническими условиями размера. Пористый материал характеризуется следующими свойствами: общая пористость $55\pm 2\%$, размер пор 50÷100 мкм. Форма пор: продолговатая и округлая, сообщающиеся между собой. Микроструктура пористого материала приве-

дена на рис. 4. Прочность при сжатии составляет 9÷11 МПа. Материал по свойствам пригоден для фильтров очистки жидкостей и газов от твердых частиц. Пористые фильтры, полученные СВС-методом из разработанных смесей опробованы и внедрены на сборочном конвейере ОАО «Алтайдизель» (г. Барнаул) для очистки моторного масла. Очистка воздушно-газовых смесей проведена на ФГУТ ПО «Алмаз» (г. Барнаул). Разработанные нами пористые фильтры использовались для выделения дисперсных частиц меди из промышленных стоков.



а



б

Рис. 4. Структура пористого материала.
а) $\times 60$; б) $\times 120$.

Выводы:

1. Смеси на основе оксида железа – оксида алюминия с добавлением 8 % (мас.) порошкового алюминия обеспечивают получение пористых проницаемых материалов из отходов машиностроения (окалины легированной стали);
2. Для осуществления СВС – процесса окалины должны быть измельчены с тонкостью помола 2÷300 мкм, это обеспечивается

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

применением инерционных конусных дробилок типа КИД-100, КИД-200;

3. Полученные пористые материалы являются конкурентоспособными по отношению к материалам, полученным методами порошковой металлургии, и могут быть использованы для очистки жидких и газовых сред от твердых включений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронков Н.Г., Лебедева О.А. Пористый материал на основе отходов производства /Тез. Докл. Конф. «Прогрессивные методы утилизации отходов, ресурсосбережения». Ленинград. – С. 29-30.

2. Патент SU 181168 АЗ. 25.12.90. Евстигнеев В.В., Гусельников В.М., Лебедева О.А., Воронков Н.Г., Косса Е.Н., Вольпе Б.М. Шихта для получения пористого проницаемого материала.

3. Лебедева О.А., Шечков Г.Т. Применение термохимического синтеза для решения экологических задач в машиностроительной отрасли. / Тез. докл. Науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, проф. – преп.состава АлтГТУ. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1997.- 203 с.

4. Евстигнеев В.В., Вольпе Б.М., Милюкова И.В., Сайгутин Т.В. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. – М.: Высш. Шк., 1996. – 274 с.

5. Лебедева О.А., Тубалов Н.П., Евстигнеев В.В., Красов В.Н., Пролубников В.И. Разработка промышленных фильтров на основе отходов машиностроения. / Сб. науч. Тр. Алт.ГТУ им. И.И. Ползунова: «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: материалы и технологии». – Новосибирск: Наука, 2001. – С.44-47.