

КОРУНДОВАЯ КЕРАМИКА ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ РАСПЛАВОВ ЖАРОПРОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Ю. В. Велюго

*Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет», г. Минск*

Научные руководители: Е. М. Дятлова, А. И. Марукович

Фильтрация расплавов металлов позволяет повысить качество и увеличить выход годного литья, что в свою очередь снижает материалоемкость продукции, однако фильтрация расплавов жаропрочных металлов и сплавов проводится при высоких температурах, порядка 1650 °С, что осложняет изготовление фильтрующих материалов. Синтез таких материалов ведется при температурах равных, либо превышающих температуру эксплуатации, и он отличается применением высокотемпературного агрегата, большим расходом теплоносителя, низким сроком службы огнеприпаса, что ведет к увеличению стоимости фильтра. Поэтому представляет интерес получение материала, спекающегося на 200–250 °С ниже температуры эксплуатации, но сохраняющего свои эксплуатационные свойства.

В работе было исследовано влияние трех групп активирующих добавок на процессы спекания керамики на основе корунда, использовали порошок корунда марки М1 ГОСТ 28818-90 со средним размером частиц ≈ 1 мкм. В качестве добавки первой группы (добавки, образующие с основным оксидом легкоплавкую эвтектику) был выбран оксид марганца (MnO) со средним размером частиц ≈ 1 мкм. В качестве добавки второй группы (добавки, образующие легкоплавкую фазу, но не взаимодействующие с основным компонентом) было выбрано соединение титаната марганца (TiMnO₃). В качестве добавки третьей группы (добавки, внедряющиеся в кристаллическую решетку основного оксида) был выбран диоксид титана TiO₂. Исследование процесса спекания корунда изучалось в зависимости от температуры спекания (в интервале температур 1100–1650 °С через каждые 50 °С) и содержания добавок (содержание оксида марганца и диоксида титана варьировалось от 0 до 5 %, содержание титаната марганца от 0 до 10 %). Экспериментальные образцы получали методом полусухого прессования при давлении 100 МПа. Время выдержки при спекании всех образцов составляло 2 ч. Критерием оценки спекшегося состояния являлось отношение $\rho/\rho_{\text{пикн}} = \text{const}$.

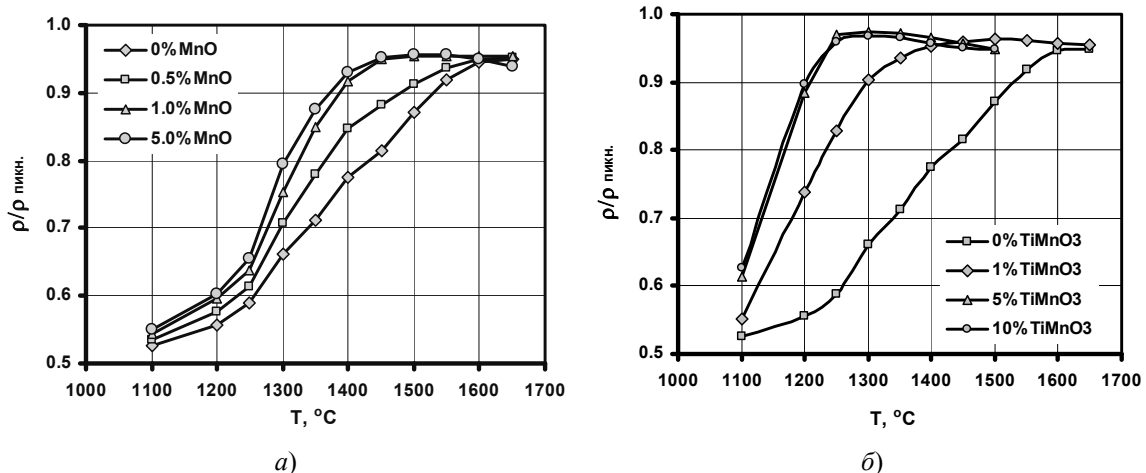


Рис. 1. Зависимость уплотнения корунда в процессе спекания от количества марганецсодержащих спекающих добавок

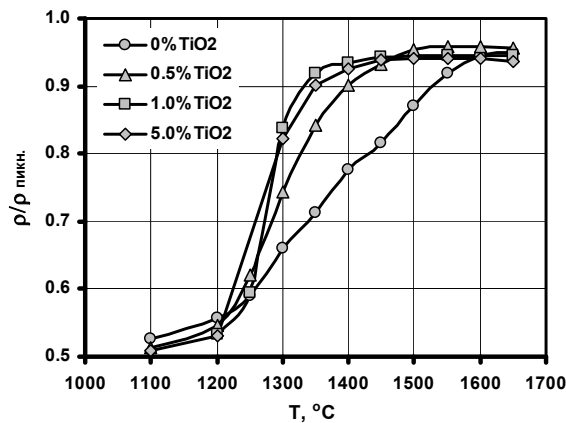


Рис. 2. Зависимость уплотнения корунда в процессе спекания от содержания оксида титана

Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 1, 2. Из экспериментальных данных видно, что для всех исследованных композиций зависимость $\rho/\rho_{\text{пикн.}} = f(T)$ имеет характер, типичный для процессов спекания керамических материалов, не сопровождающихся фазовыми переходами.

Таким образом, на основании проведенных экспериментальных исследований по воздействию активирующих добавок оксида марганца, титаната марганца и диоксида титана на процесс спекания корунда, со средним размером частиц менее 1 мкм, было установлено следующее:

- введение 1 % MnO позволяет получить материал с температурой спекания 1450 °C и относительной плотностью 0,96;
- введение 5 % TiMnO₃ позволяет получить материал с температурой спекания 1250 °C и относительной плотностью 0,96;
- введение 1 % TiO₂ позволяет получить материал с температурой спекания 1400 °C и относительной плотностью 0,96.

Исследование высокотемпературной ползучести керамических материалов на основе корунда. Для исследований высокотемпературной ползучести были отобраны корундовые материалы с минимальной температурой спекания. Количество активирующей спекание добавки и режимы спекания исследованных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы спекания образцов, исследованных на жаропрочность

Основа	Добавка	Температура спекания, °C	Время спекания, ч
M1 Al ₂ O ₃	–	1600	2
	1 % MnO	1450	2
	5 % TiMnO ₃	1250	2
	1 % TiO ₂	1400	2

Данные по скорости высокотемпературной ползучести приведены на рис. 3.

Скорость высокотемпературной ползучести корунда в зависимости от температуры испытания

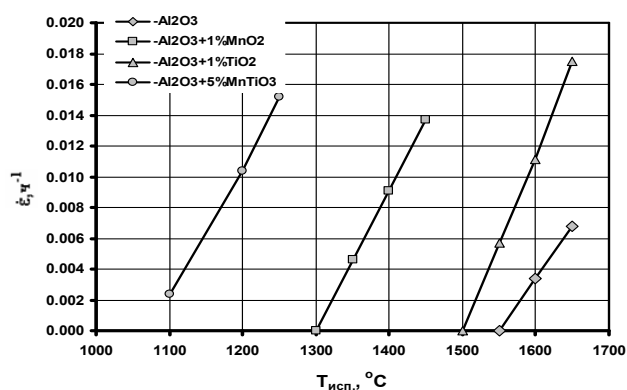
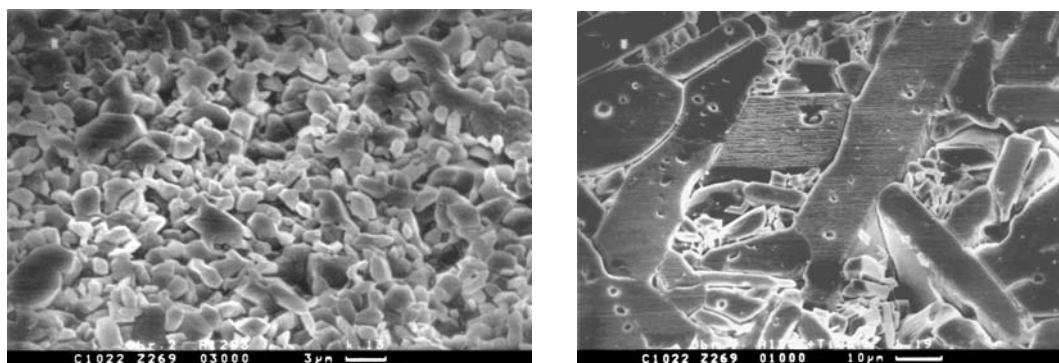


Рис. 3. Данные по скорости высокотемпературной ползучести

Анализ данных по высокотемпературной ползучести исследуемых материалов позволил выявить следующие закономерности. Наибольшей жаропрочностью обладает чистый корунд без добавок.

При введении в корунд добавок, снижающих температуру спекания за счет образования жидкой фазы (5 % TiMnO_3 , 1 % MnO), наблюдается значительное увеличение скорости высокотемпературной деформации.

Введение в корунд диоксида титана приводит к увеличению скорости высокотемпературной ползучести и при температуре испытания 1650 °C достигает значения 0,018 ч^{-1} . Значительный рост зерна при спекании корунда с добавкой диоксида титана по сравнению с чистым корундом (рис. 4) позволил сохранить скорость высокотемпературной ползучести на относительно низком уровне.



а)

б)

Рис. 4. Микроструктура керамических материалов:
а – чистый корунд; б – модифицированный TiO_2

Для материалов на основе чистого корунда и корунда с добавкой 1 % TiO_2 значение скорости высокотемпературной деформации при 1700 °C находилось экстраполяцией. Значения рабочих температур исследованных материалов представлены в табл. 2.

**Термомеханические свойства
разработанных керамических материалов**

Материал	$T_{сп}$, °C	$T_{раб}$, °C	ϵ , μ^{-1}	ΔT , °C
Al_2O_3	1600	1700	0.011	100
$Al_2O_3 + 5\% TiMnO_3$	1250	1250	0.015	0
$Al_2O_3 + 1\% MnO$	1450	1450	0.014	0
$Al_2O_3 + 1\% TiO_2$	1400	1700	0.023	300

Из табл. 2 видно, что наиболее приемлемым материалом является $Al_2O_3 + 1\% TiO_2$.

**САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ
СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ КОРУНДА И КАРБИДА КРЕМНИЯ**

К. Б. Подболотов, Е. С. Какошко

*Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель Е. М. Дятлова

Потребность в материалах, способных демонстрировать высокие эксплуатационные характеристики в экстремальных условиях, с развитием техники и технологии неуклонно возрастает. В зависимости от предъявляемых требований такие материалы должны быть износостойкими, жаропрочными, химически инертными при контакте с агрессивными жидкостями и газами при высоких температурах и т. п. В наибольшей мере таким требованиям отвечают тугоплавкие соединения: карбиды, нитриды, бориды, силициды, оксиды, а также твердые сплавы и композиционные материалы на их основе [1], [2].

Получение тугоплавких соединений и изделий из них сопряжено со значительными материальными затратами. В основе традиционных технологий лежат процессы медленного протекания химических процессов при высоких температурах. Отличительной особенностью существующих способов является высокая энергоемкость производства, большая длительность, многооперационность и трудоемкость получения продукции.

Успех в создании новой керамики стал возможным лишь благодаря разработке новых технологических процессов от стадии синтеза исходных компонентов до формирования структуры материала и получения готового продукта. Одним из наиболее значимых процессов в технологии новой керамики является самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

В современном толковании самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – это разновидность горения, в котором образуются ценные в практическом отношении твердые вещества (материалы). Процесс возможен в системах с различным агрегатным состоянием (смеси порошков, системы твердое – газ, твердое – жидкость и др.), имеет тепловую природу. Характерный признак – образование твердого продукта (полностью или преимущественно). Главное предназначение СВС – синтез веществ и материалов.