

**Волочко, А. Т.** Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А. Т. Волочко, К. Б. Подболотов, Е. М. Дятлова. — Минск : Беларуская навука, 2013. — 384, [1] с. : ил., табл. — Библиогр. : с. 363-382.

УДК 666.3/.7

ББК 35

**Ч/З №1 — 1 экз.**

Изложены основные направления создания огнеупорных и тугоплавких керамических материалов для эксплуатации в теплотехнических установках металлургической, машиностроительной и других отраслей промышленности. Представлены закономерности формирования фазового состава структуры и свойств керамических материалов при использовании различных видов сырья и связующих. Изложены основные методы формования фасонных изделий. Систематизированы исследования по получению керамических материалов и защитных покрытий, мертелей методом самораспространяющегося и высокотемпературного синтеза.

Издание предназначено для инженеров, технических работников, специалистов в области материаловедения, металлургии и машиностроения, рекомендуется для студентов и аспирантов, полезно преподавателям технических вузов, конструкторам и научным работникам КБ и НИИ.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Физико-технический институт

А. Т. Волочко, К. Б. Подболотов, Е. М. Дятлова

# ОГНЕУПОРНЫЕ И ТУГОПЛАВКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ



Минск  
«Беларуская навука»  
2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
<b>Глава 1. Общая характеристика керамических материалов</b> .....	5
<b>Глава 2. Сырьевые материалы для производства керамики</b> .....	15
2.1. Глинистые породы .....	15
2.2. Кремнистые кристобалит-опаловые породы .....	21
2.3. Сульфатные породы .....	24
2.4. Карбонатные породы .....	26
2.5. Строительные пески и гравийно-песчаные породы .....	28
2.6. Пески кварцевые, стекольные и формовочные .....	29
2.7. Волластонитовое сырье .....	30
<b>Глава 3. Методы определения свойств и структурно-фазовых характеристик керамических материалов и компонентов</b> .....	31
3.1. Определение влажности сырьевых материалов .....	31
3.2. Определение дисперсного состава сырьевых материалов .....	32
3.2.1. Ситовой анализ .....	32
3.2.2. Седиментационный анализ .....	36
3.3. Определение спекаемости глин и керамических масс .....	37
3.4. Определение огнеупорности сырья и керамических материалов .....	39
3.5. Определение гранулометрического состава и удельной поверхности порошков и порошкообразных масс .....	43
3.6. Определение основных технологических характеристик порошкообразных керамических масс .....	44
3.7. Определение структурно-механических (упруговязкопластических) характеристик керамических пластических масс .....	50
3.8. Определение плотности, пористости и водопоглощения .....	52
3.9. Определение механической прочности керамических материалов .....	52
3.10. Определение адгезионной прочности керамических покрытий, наносимых на штучные огнеупоры .....	62
3.11. Определение температурного коэффициента линейного расширения .....	63
3.12. Определение теплопроводности и температуропроводности .....	69
3.13. Определение термостойкости .....	72
3.14. Определение температуры деформации под нагрузкой .....	77
3.15. Определение химической стойкости .....	78
3.16. Определение удельного объемного электрического сопротивления .....	79
3.17. Методы исследования фазовых превращений и структуры керамических материалов .....	82
3.17.1. Дифференциально-термический анализ .....	82
3.17.2. Рентгенофазовый анализ .....	89
3.17.3. Термодинамическое моделирование процессов при получении керамических материалов .....	97

<b>Глава 4. Термостойкая керамика</b> . . . . .	100
4.1. Тепловое расширение керамических материалов . . . . .	100
4.2. Термостойкость, критерии оценки термостойкости материала . . . . .	101
4.3. Термостойкая керамика на основе малорасширяющихся фаз . . . . .	104
4.3.1. Кордиеритовая керамика . . . . .	105
4.3.2. Литийсодержащая керамика . . . . .	115
4.3.3. Керамика на основе титаната алюминия . . . . .	117
4.3.4. Керамика на основе фосфатов алюминия . . . . .	122
4.3.5. Керамика на основе композиционных материалов . . . . .	136
<b>Глава 5. Теплоизоляционная и техническая керамика</b> . . . . .	140
5.1. Теплоизоляционные керамические материалы . . . . .	140
5.2. Керамика на основе волластонита . . . . .	155
5.3. Керамика на основе доломита . . . . .	172
5.4. Керамика, полученная с использованием шлака плавки алюминия . . . . .	184
5.4.1. Состав и физико-химические свойства алюминиевого шлака . . . . .	184
5.4.2. Механическое диспергирование шлака . . . . .	188
5.4.3. Использование алюминиевого шлака в качестве активной добавки при получении алюмосиликатных огнеупоров . . . . .	189
5.4.4. Получение алюмосиликатных огнеупоров с добавками шлака методом прессования . . . . .	194
5.4.5. Исследование влияния гранулометрического состава и количества составляющих компонентов при получении КОМ виброуплотнением . . . . .	197
5.4.6. Исследование механизма протекания алюмотермической реакции при использовании алюминиевого шлака . . . . .	200
5.4.7. Получение керамических материалов из алюминиевого шлака и добавок оксида магния, диоксида кремния и алюминия . . . . .	203
5.4.7.1. Получение керамических материалов в системе шлак–оксид магния . . . . .	203
5.4.7.2. Получение керамических материалов в системе шлак–диоксид кремния . . . . .	206
5.4.7.3. Получение керамических материалов в системе шлак–алюминий . . . . .	209
5.5. Керамика с использованием шунгита . . . . .	214
<b>Глава 6. Применение самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для получения керамических материалов и покрытий</b> . . . . .	218
6.1. Теоретические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов . . . . .	218
6.2. Технологические аспекты применения процессов СВС . . . . .	221
6.2.1. Технология СВС-порошков . . . . .	221
6.2.2. Деформационные СВС-технологии . . . . .	222
6.2.3. СВС-технология пористых материалов . . . . .	223
6.2.4. СВС-технология огнеупорных покрытий . . . . .	224
6.3. Использование метода СВС для получения тугоплавких и огнеупорных керамических материалов . . . . .	225
6.3.1. Огнеупорные и тугоплавкие материалы в системе $Al_2O_3-SiO_2$ . . . . .	226
6.3.2. Огнеупорные и тугоплавкие материалы на основе SiC . . . . .	230
6.3.3. Огнеупорные и тугоплавкие материалы в системе $MgO-Al_2O_3$ . . . . .	231
6.3.4. Огнеупорные и тугоплавкие материалы в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ . . . . .	233
6.4. Получение огнеупорных керамических материалов на основе системы $Al-SiO_2-C$ . . . . .	235
6.4.1. Выбор и расчет составов смесей, синтез материалов . . . . .	235
6.4.2. Термодинамическое моделирование синтеза материалов при СВС . . . . .	236
6.4.3. Изучение структурно-фазовых превращений при получении материалов методом СВС в системе $Al-SiO_2-C$ . . . . .	238

6.4.4. Исследование влияния дисперсности кремнеземсодержащего компонента на скорость процессов и структурообразование при СВС .....	245
6.4.5. Влияние добавок, замедляющих процессы СВС, на фазообразование и свойства образующихся материалов .....	248
6.4.6. Исследование фазовых превращений и структуры образцов при двухстадийной технологии их получения из СВС-материала .....	251
6.4.7. Исследование физико-химических свойств керамических материалов, полученных по одно- и двухстадийной технологиям .....	253
6.4.7.1. Исследование свойств материалов, полученных по одностадийной технологии .....	253
6.4.7.2. Сравнительная характеристика материалов, полученных методом СВС в системе Al-SiO <sub>2</sub> -C, и их аналогов .....	258
6.4.7.3. Исследование свойств материалов, полученных по двухстадийной технологии .....	259
6.4.7.4. Сравнительная характеристика материалов, полученных по двухстадийной технологии, и их аналогов .....	262
6.5. Синтез керамических покрытий с использованием активирующих добавок . . .	264
6.5.1. Синтез керамических огнеупорных СВС-покрытий на основе системы Al-SiO <sub>2</sub> -C .....	264
6.5.2. Синтез керамических огнеупорных СВС-покрытий на основе системы Al-SiO <sub>2</sub> .....	285
6.5.3. Синтез керамических покрытий с использованием активирующих добавок и различных связующих на основе системы Al-MgO-SiO <sub>2</sub> .....	295
6.5.4. Разработка технологии получения покрытий методом СВС .....	306
6.6. Синтез и исследование керамических шпинельсодержащих материалов в системе Al-MgCO <sub>3</sub> .....	308
6.6.1. Выбор и расчет составов масс, синтез материалов .....	308
6.6.2. Термодинамическое моделирование процессов синтеза материалов в СВС-системе Al-MgCO <sub>3</sub> .....	309
6.6.3. Изучение структурно-фазовых превращений при СВС в системе Al-MgCO <sub>3</sub> .....	311
6.6.4. Исследование структурно-фазовых превращений в СВС-материале при двухстадийной технологии .....	317
6.6.5. Исследование физико-химических свойств синтезированных материалов .....	318
6.7. Синтез и исследование керамических шпинельсодержащих материалов в системе Al-MgCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -C .....	325
6.7.1. Выбор и расчет составов масс, синтез материалов .....	325
6.7.2. Термодинамическое моделирование СВС-процессов в исследуемой системе .....	326
6.7.3. Изучение структурно-фазовых превращений при СВС в системе Al-MgCO <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -C .....	327
6.7.4. Исследование фазового состава и структуры материалов, полученных по двухстадийной технологии .....	336
6.7.5. Исследование физико-химических свойств керамических материалов . . .	338
6.8. Разработка технологии получения огнеупорных материалов и изделий на их основе с применением СВС .....	345
6.8.1. Разработка технологии получения материалов, изделий и покрытий методом СВС .....	346
6.8.2. Разработка двухстадийной технологии получения изделий .....	348
<b>Приложения к главе 6 .....</b>	<b>349</b>
<b>Литература .....</b>	<b>363</b>