

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт технической акустики

М. М. Кулак
Б. Б. Хина

**СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ
ПРИ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕМСЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ
СИНТЕЗЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ
И ЦЕНТРОБЕЖНОМ ПОЛЯХ**

Минск
«Беларуская навука»
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Исследования влияния ультразвуковых колебаний на процессы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	11
1.1. Процессы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: история и современные исследования	11
1.2. Воздействие ультразвуковых колебаний на вещество. Нелинейные эффекты, возникающие в веществе под воздействием ультразвуковых колебаний. Требования к ультразвуковым колебательным системам	25
1.3. Влияние ультразвуковых колебаний на процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	28
Краткие выводы к главе 1	36
Глава 2. Экспериментальное оборудование, материалы и методики проведения исследований	37
2.1. Экспериментальное оборудование. Методика проведения процесса СВС при физических воздействиях	37
2.2. Используемые материалы и методика приготовления образцов	41
2.3. Методы измерения скорости и максимальной температуры горения	42
2.4. Методика рентгеноструктурного анализа продуктов СВС	44
2.5. Методика металлографических исследований, измерения электросопротивления и калориметрического анализа образцов. Исследование топологии поверхности	45
2.6. Методика микроструктурного анализа многофазных композиционных материалов, полученных методом СВС	47
Краткие выводы к главе 2	52
Глава 3. Изучение влияния ультразвуковых колебаний на тепловые характеристики волны СВС, микроструктуру и фазовый состав продукта в многокомпонентных системах на основе карбидов	53
3.1. Механизм разгрузки ультразвуковой колебательной системы от действия статической силы поджатия	53

3.2. Особенности СВС-процессов. Представления о механизме гетерогенного взаимодействия в волне СВС	58
3.3. Влияние ультразвука на исходную шихту и СВС-процесс.....	60
3.4. Фазовый состав продукта СВС	64
3.5. Микроструктура СВС-продуктов	68
Краткие выводы к главе 3	79
Глава 4. Изучение влияния ультразвуковых колебаний на тепловые характеристики волны СВС, микроструктуру и фазовый состав продукта в системах на основе силицидов. Термодинамическое моделирование.....	81
4.1. Роль термодинамического моделирования при разработке новых материалов и методов их синтеза	81
4.2. Обоснование методики термодинамического моделирования. Результаты термодинамического моделирования и их обсуждение.....	82
4.3. Взаимодействие ультразвуковых колебаний с образцами. Влияние ультразвука на характеристики горения в системе Ti-Si.....	88
4.4. Фазовый состав и микроструктура СВС-продуктов	95
4.5. Качественный и количественный рентгеноструктурный анализ.....	96
4.5.1. Анализ параметров кристаллических структур по рентгеновским данным.....	98
4.6. Влияние отжига на продукты синтеза	101
4.7. Микроструктура СВС-продуктов в системе Ti-Si	104
4.7.1. Микроструктура состава Ti-0,6Si	105
4.7.2. Микроструктура состава Ti-0,5Si	108
4.7.3. Микроструктура состава Ti-0,8Si	112
4.7.4. Микроструктура состава Ti-0,4Si	117
Краткие выводы к главе 4	123
Глава 5. Изучение влияния ультразвуковых колебаний на тепловые характеристики волны СВС, микроструктуру и фазовый состав продукта в системах на основе боридов. Термодинамическое моделирование.....	125
5.1. Термодинамическое моделирование СВС в системе Ti-B	125
5.2. Экспериментальное исследование температуры и скорости горения в системе Ti-B	130
5.3. Рентгеноструктурный анализ и исследование микроструктуры СВС-продуктов	132
5.3.1. Фазовый состав продуктов СВС в системе Ti-B	132
5.3.2. Микроструктура СВС-продуктов в системе Ti-B.....	141
5.4. Термодинамический расчет адиабатической температуры СВС в системе Ti-B с использованием CALPHAD-подхода	153
5.5. Термодинамические функции фаз	154
5.5.1. Расплав.....	154
5.5.2. Соединение TiB ₂	156

5.5.3. Соединение TiB.....	159
5.5.4. Соединение Ti_3B_4	160
5.6. Расчет адиабатической температуры СВС: модель, результаты и обсуждение.....	160
5.6.1. Предварительные расчеты	160
5.6.2. Модель для определения адиабатической температуры СВС	162
5.7. Механизм влияния ультразвука на процессы горения и структу- рообразования при СВС в системах на основе титана	167
5.7.1. Влияние ультразвука на кинетику взаимодействия в волне СВС	172
Краткие выводы к главе 5	176
Глава 6. Получение материалов с градиентным распределением упрочняющих частиц методом СВС-литья.....	178
6.1. Конвективный теплоперенос под действием центробежных сил в процессе СВС.....	180
6.2. Синтез износостойких материалов на основе железа.....	193
6.2.1. Анализ влияния центробежных сил на распределение упрочняющих частиц	193
6.2.2. Металлографические исследования синтезированных об- разцов	196
6.3. Влияние центробежной силы на распределение упрочняющих твердых фаз в матрице композиционного материала	207
6.4. Исследование механических свойств синтезированных материа- лов. Испытания на износостойкость	211
Краткие выводы к главе 6	214
Заключение.....	216
Список источников.....	218