

В.В. Клубович
М.М. Кулак
Б.Б. Хина

УЛЬТРАЗВУК В ПРОЦЕССАХ
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Монография

Минск БНТУ 2006

Клубович, В.В.

Ультразвук в процессах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: монография / В.В. Клубович, М.М Кулак, Б.Б. Хина. – Мн.: БНТУ, 2006. – 279 с.

ISBN 985-479-435-0.

В книге рассматриваются физическая природа ультразвука, методы и устройства для получения, усиления, передачи и преобразования колебаний. Большое внимание уделено теоретическому анализу неравновесного механизма фазо- и структуропреобразования тугоплавких фаз внедрения при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе, а также рассмотрен переход от квазиравновесного к неравновесному механизму фазообразования при СВС фаз замещения. Подробно изложены вопросы влияния ультразвуковых колебаний на процесс горения системы титан – кремний, описан механизм влияния ультразвука на скорость и максимальную температуру горения, на фазовый состав, электросопротивление и микроструктуру продуктов синтеза.

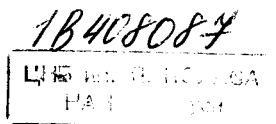
Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, аспирантов, магистрантов и студентов старших курсов, занимающихся исследованием, разработкой и получением новых материалов с уникальными свойствами методом СВС с применением ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

Библиогр. 275 назв. Рис. 71. Табл. 20.

Рецензенты:

В.А. Бородуля (чл. -кор. НАН Беларуси,
д-р техн. наук, профессор);

П.П. Прохоренко (академик НАН Беларуси,
д-р техн. наук, профессор)



ISBN 985-479-435-0

© Клубович В.В., Кулак М.М.,
Хина Б.Б., 2006

© БНТУ, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	7
Предисловие.....	10
Глава 1. Физические основы ультразвука.....	19
1.1. Упругие механические колебания.....	19
1.2. Образование и распространение волн в упругой среде.....	26
1.3. Типы волн и скорость их распространения.....	31
1.4. Стоячие волны.....	37
1.5. Энергия ультразвуковых волн. Интенсивность звука.....	42
1.6. Ультразвуковые системы для усиления, передачи и преобразования колебаний.....	47
1.7. Виды колебательных систем и их классификация.....	58
1.8. Механизм разгрузки ультразвуковой колебательной системы от действия статической силы поджатия.....	85
1.9. Воздействие ультразвуковых колебаний на процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.....	90
Глава 2. Схема подведения ультразвука образцам в процессе СВС и методика проведения исследований.....	107
2.1. Экспериментальная установка для СВС с наложением ультразвуковых колебаний.....	107
2.2. Взаимодействие ультразвуковых колебаний с образцами.....	123
2.3. Исследование влияния ультразвуковых колебаний на скорость и максимальную температуру процесса горения.....	127
2.4. Возможный механизм влияния ультразвуковых колебаний на процесс СВС.....	131
Глава 3. Теоретический анализ неравновесного механизма фазо- и структурообразования тугоплавких фаз внедрения при СВС.....	136
3.1. Обоснование необходимости создания новых кинетических моделей СВС.....	136

3.2. Краткий анализ диффузионной модели взаимодействия при СВС.	140
3.3. Математическая формулировка задачи о диффузионной кинетике в волне СВС.	143
3.3.1. Ситуация 1.	144
3.3.2. Ситуация 2.	146
3.3.3. Диффузионные данные.	147
3.3.4. Температура реакционной ячейки в волне СВС.	149
3.3.5. Адиабатический разогрев реакционной ячейки.	151
3.4. Рост слоя TiC на поверхности частицы титана.	151
3.4.1. Решение задачи для ситуации 1.	151
3.4.2. Результаты численных расчетов для ситуации 1.	153
3.5. Изменение геометрии реакционной ячейки (разрыв корки первичного продукта).	156
3.5.1. Формулировка задачи.	156
3.5.2. Численный расчет критерия разрыва корки для СВС в системе Ti-C.	158
3.6. Рост слоя TiC на поверхности частицы углерода.	159
3.6.1. Решение задачи для ситуации 2.	159
3.6.2. Результаты численных расчетов для ситуации 2.	161
3.6.3. Анализ смещения границы C/TiC внутрь.	163
3.6.4. Оценка структурных характеристик СВС-продукта при диффузионном механизме.	165
3.7. Анализ квазиравновесного механизма растворения-кристаллизации.	168
3.8. Неравновесная природа формирования фаз при СВС.	170
3.9. Диаграмма механизмов структурообразования при СВС.	172
3.10. Механизм влияния внешних воздействий на СВС.	175

Глава 4. Переход от квазиравновесного к неравновесному механизму фазообразования при СВС фаз замещения: теоретический анализ.	177
4.1. Существующие представления о механизме формирования интерметаллидов при СВС на примере системы Ni-Al.	177
4.2. Формулировка модели.	181
4.2.1. Физическое обоснование.	181
4.2.2. Изотермическая часть: математическая постановка задачи.	183
4.2.3. Изотермическая часть: аналитическое решение.	185
4.2.4. Неизотермическая часть: математическая постановка задачи.	185
4.2.5. Неизотермическая часть: аналитическое решение.	187
4.3. Порядок проведения расчетов и значения параметров.	189
4.3.1. Плотности фаз.	190
4.3.2. Сплайн-аппроксимация линий диаграммы состояния Ni-Al.	192
4.3.3. Параметры взаимной диффузии в фазе NiAl.	193
4.4. Результаты моделирования и их обсуждение.	195
Глава 5. Влияние ультразвуковых колебаний на кристаллическую структуру и фазовый состав конечных продуктов синтеза.	204
5.1. Влияние ультразвуковых колебаний на параметры кристаллических решеток синтезированных фаз.	204
5.2. Влияние ультразвуковых колебаний на фазовый состав и электросопротивление продуктов синтеза.	210
5.3. Влияние ультразвуковых колебаний на микроструктуру продуктов синтеза.	213
5.4. Влияние отжига на продукты синтеза.	217
5.5. Обсуждение результатов.	220

Глава 6. Конвективный теплоперенос под действием массовых сил в процессе СВС.	224
Глава 7. Получение материалов с градиентным распределением упрочняющих частиц методом СВС-литья.	238
Л и т е р а т у р а.	255