

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Монография

НОВОСИБИРСК
2011

УДК 541.12
В 586

Рецензенты:

Е.Г. Аввакумов, д-р хим. наук, профессор,
Т.С. Юсупов, д-р тех. наук, профессор,
В.Д. Юматов, д-р хим. наук, профессор

В 586 **Влияние механических воздействий на физико-химические процессы в твердых телах** : монография / В.А. Полубояров, О.В. Андрюшкова, И.А. Паули, З.А. Коротаева. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. – 604 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-1847-5

Работа посвящена исследованию возможностей метода механических воздействий на твердые тела для создания новых материалов и материалов с улучшенными характеристиками. Основная цель работы – установление закономерностей протекания физико-химических процессов в твердых неорганических веществах, возникающих при механохимических воздействиях, а также исследование влияния механической обработки на реакционную способность твердых тел с последующим использованием этих знаний для создания технологий синтеза керамических и композиционных материалов с улучшенными свойствами. В работе предложены методы оценки эффективности механического воздействия на обрабатываемое вещество аппаратов, используемых в качестве химических реакторов. На основе обнаруженных закономерностей разрушения и агрегации твердых тел под влиянием механических воздействий разработаны методы выделения мельчайших частиц твердых веществ и их агрегатов для создания материалов с новыми свойствами.

УДК 541.12

ISBN 978-5-7782-1847-5

© Коллектив авторов, 2011
© Новосибирский государственный
технический университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	9
Обозначения и сокращения	10
Введение	13
ГЛАВА 1. Исследование процессов, происходящих в твердых телах в результате механических воздействий	15
1.1. Измельчение и агрегация	18
1.1.1. Образование новой поверхности	21
1.1.2. Методы получения наночастиц	29
1.2. Образование точечных дефектов	36
1.2.1. Образование точечных дефектов в оксиде кальция	37
1.2.2. Образование точечных дефектов в оксиде титана	48
1.2.3. Образование точечных дефектов в оксиде ванадия	50
1.2.4. Образование точечных дефектов в оксиде молибдена	52
1.2.5. Образование точечных дефектов в оксиде кремния	58
1.2.6. Образование точечных дефектов в карбиде кремния	63
1.3. Деформация и разрыв химических связей	65
1.3.1. Разрыв связей в оксиде кальция	65
1.3.2. Деформация и разрыв связей в оксиде кремния	66
1.3.3. Деформация и разрыв связей в оксиде молибдена	67
1.3.4. Деформация и разрыв связей в оксиде вольфрама	72
1.3.5. Деформация связей в оксиде алюминия	74
1.4. Образование трехмерных дефектов	77
1.4.1. Фазовые превращения в оксидах титана	77
1.4.2. Фазовые превращения в оксиде молибдена	82

1.4.3. Химические и структурные превращения в оксидах кобальта	94
1.4.4. Фазовые превращения в оксидах алюминия	98
ГЛАВА 2. Использование процессов, происходящих при механической обработке, для сравнения эффективности механохимических активаторов	113
2.1. Обзор различных подходов к решению проблемы в однокомпонентных системах	113
2.2. Оценка эффективности механохимических активаторов с помощью сравнения скоростей накопления различных дефектов	124
2.3. Полуэмпирические модели, описывающие различные процессы, происходящие при механической обработке	129
2.3.1. Полуэмпирическая модель диспергации	131
2.3.2. Модели агрегации	143
2.3.3. Модель пристеночного движения шаров	161
2.4. Оценка эффективности механохимических активаторов в поликомпонентных системах	167
2.4.1. Использование модельной реакции, протекающей с изменением оттенка цвета	170
2.4.2. Использование модельной системы фенолфталеин- α - Al_2O_3	177
Заключение	182
ГЛАВА 3. Влияние механических воздействий на реакционную способность твердых веществ	185
3.1. Влияние механической обработки на реакционную способность органических веществ	185
3.1.1. Влияние механической обработки на реакционную способность ацетилсалициловой кислоты и ее соединений	186
3.1.2. Влияние механической обработки на реакционную способность никотиновой кислоты	206
3.1.3. Влияние механической обработки на природные органические соединения	213

3.2. Влияние механохимической обработки на каталитическую активность веществ	333
3.2.1. Реакционная способность оксидов марганца	333
3.2.2. Реакционная способность оксида магния	337
3.2.3. Реакционная способность порошков металлической меди	342
3.3. Влияние механохимической обработки на кинетику начальной стадии спекания оксидов металлов	360
3.3.1. Спекание оксида молибдена	360
3.3.2. Спекание оксида алюминия χ - Al_2O_3	374
3.4. Механохимический синтез сложных оксидов металлов	380
3.4.1. Синтез La-содержащих соединений	380
3.5. Внедрение катионов и атомов металлов в кристаллическую решетку оксидов металлов под влиянием механических воздействий	416
3.5.1. Внедрение катионов меди(II) в кристаллическую решетку оксидов титана и алюминия	416
3.5.2. Взаимодействие металлической меди с оксидом кальция ...	420
3.5.3. О реакции в системе металл–оксид	426
ГЛАВА 4. Применение механохимической обработки для модифицирования известных и создания новых материалов	429
4.1. Ультра- и нанодисперсные тугоплавкие керамические порошки для объемного модифицирования металлов и сплавов	430
4.1.1. Модифицирование серого чугуна	435
4.1.2. Модифицирование стали 30-ХГСП	438
4.1.3. Влияние УДП на свойства непрерывнолитой стали	439
4.1.4. Модифицирование никель-хромового сплава	440
4.1.5. Способ повышения абразивной и коррозионной стойкости чугунов и сталей	450
4.1.6. Улучшение свойств напыленных подслоев теплозащитных покрытий на лопатки газовых турбин из никелевого суперсплава	454

4.2. Нанодисперсные порошки для объемной модификации полимеров и эластомеров (резин)	461
4.2.1. Использование ультрадисперсных порошков природного графита в протекторных резинах	461
4.2.2. Способ анализа кремнеземного наполнителя для резин (экспресс-метод)	463
4.2.3. Использование нанодисперсного кварца для модифицирования свойств полифениленоксида	467
4.2.4. Влияние ультрадисперсных керамических частиц на свойства пенополиуретанов	473
4.2.5. Модификация сверхвысокомолекулярного полиэтилена механически активированными керамическими нанопорошками	480
4.2.6. Создание теплосберегающего парникового покрытия на основе поливинилхлорида	486
4.2.7. Утилизация природных полимеров (дубленых кожевенных отходов) с применением механохимических методов	495
4.3. Ультра- и нанодисперсные керамические порошки для создания огнеупорных и строительных материалов	504
4.3.1. Кремнезольное вяжущее для строительных материалов	504
4.3.2. Получение огнеупорных изделий из вторичного сырья с использованием модифицированных силикатов натрия (ВКВС) в качестве вяжущего материала	513
4.3.3. Теплоизолирующий материал керамзит из техногенных отходов	524
4.3.4. Корундовые безусадочные огнеупоры и техническая керамика	531
4.4. Механохимические технологии для создания твердотельного накопителя тепловой энергии	556
Заключение	561
Библиографический список	567

Авторы считают приятным долгом поблагодарить своих друзей и коллег за многолетнюю совместную работу и прежде всего – О.А. Кириченко, В.А. Ушакова, А.Н. Черепанова, О.П. Солоненко А.Н Тимошевского, Г.Е. Селютина, Ф.И. Иванова, В.В. Карпана, С.И. Новотного, А.А. Емельянова, В.В. Булгакова, В.А. Лещева, А.Е. Лапина, А.А. Жданка, Е.В. Волоскову.

Большое значение для авторов имели научные дискуссии о проблемах механохимии с коллегами Е.Г. Аввакумовым, Г.Р. Карагедовым, А.В. Душкиным.

Наши коллеги помогали нам как непосредственным участием в решении некоторых обсуждаемых здесь научных проблем, так и своими критическими замечаниями по поводу различных утверждений и первоначального варианта текста. Мы бы хотели особо отметить А.С. Буйновского, В.Г. Костровского, В.Л. Софронова, Б.Г. Трясунова.

Авторы также тепло благодарят своих близких за проявленное терпение и поддержку в период работы над книгой и надеются, что теперь смогут больше времени и внимания уделять семейному общению.