



МЕТОДЫ КОМПАКТИРОВАНИЯ И КОНСОЛИДАЦИИ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

3-е издание, электронное

Допущено

Учебно методическим объединением
высших учебных заведений РФ по образованию
в области материаловедения, технологии материалов и покрытий
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров
150100 «Материаловедение и технологии материалов»



Москва
Лаборатория знаний
2020

УДК 620.22-002.532
ББК 30.3+30.605я73
М54

Серия основана в 2006 г.

Авторы:

О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, З. Г. Бикбаева, А. А. Качаев,
В. В. Полисадова

М54 Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий : учебное пособие / О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, З. Г. Бикбаева [и др.]. — 3-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 272 с. — (Нанотехнологии). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-716-5

Рассмотрены основные методы компактирования и консолидации порошковых наноматериалов для получения из них изделий. В большей части внимание уделено объемным наноструктурным материалам и изготовленным на их основе керамическим изделиям конструкционного и функционального назначения. Подробно изложены метод УЗ-компактирования порошков, коллекторный метод прессования, приведены конструкции коллекторных пресс-форм для производства порошковых изделий различной геометрической формы. Проанализированы характеристики напряженно-деформированного состояния и реологические свойства уплотняемого порошкового материала, определяющие качество изделий.

Для студентов и аспирантов, специализирующихся в области материаловедения, а также специалистов-технологов.

УДК 620.22-002.532
ББК 30.3+30.605я73

Деривативное издание на основе печатного аналога: Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий : учебное пособие / О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, З. Г. Бикбаева [и др.]. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 269 с. : ил. — (Нанотехнологии). — ISBN 978-5-9963-0844-6.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-00101-716-5

© Лаборатория знаний, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Консолидированные наноструктурные материалы	11
1.1. Особенности свойств объемных наноструктурных материалов и роль границ зерен в их определении	11
1.2. Условия формирования наноструктуры материала	23
1.3. Интенсивная пластическая деформация	27
1.4. Агломераты наночастиц	31
1.5. Основные методы получения нанопорошков	33
1.6. Микро- и макроструктура порошкового компакта	38
1.7. Трение в порошковом компакте	43
1.8. Градиенты плотности в порошковых компактах	45
1.9. Конструкционные наноматериалы	47
1.10. Функциональная керамика	49
Глава 2. Порошковые технологии компактирования материалов	59
2.1. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах	66
2.2. Горячее прессование	67
2.3. Изостатическое и квазиизостатическое прессование	69
2.4. Формование литьем	70
2.5. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования	71
2.6. Ультразвуковое квазирезонансное прессование	75
2.7. Технологии послойно-селективного формирования объемных наноматериалов	85
2.8. Спекание в плазме искрового разряда	88
Глава 3. Характеристики компактирования порошков	92
3.1. Оценка этапов и граничных условий процесса уплотнения порошков	92
3.2. Распределение давления вдоль оси прессования	95
3.3. Оптимизация уравнения прессования	97
3.4. Кривые уплотнения и упругие свойства порошкового тела	111
3.5. Зависимость параметров прессовки от ее упругих свойств	118
3.6. Параметры межчастичных связей	125
3.7. Оптимизация внешнего воздействия	131

Глава 4. Коллекторный способ прессования	139
4.1. Конструктивное решение	139
4.2. Аналитическое описание	144
4.3. Техническая реализация. Коллекторные пресс-формы	148
4.4. Практическое применение коллекторного способа прессования	156
4.5. Моделирование процессов деформации порошкового тела	162
Глава 5. Особенности УЗ-воздействия на твердофазные и порошковые системы	165
5.1. Влияние УЗ-воздействия на дислокационную структуру кристалла	165
5.2. Механизм разрушения хрупких и пластичных материалов при УЗ-воздействии	168
5.3. Акустопластический эффект при пластической деформации с наложением УЗ-колебаний	172
5.4. Влияние кавитационного УЗ-воздействия на диспергирование порошковых материалов	176
Глава 6. Физические эффекты УЗ-компактирования керамических порошков	181
6.1. Распространение ультразвука в нанопорошковой среде	181
6.2. Изменение акустических характеристик в компактируемом нанопорошке	185
6.3. Механизмы мощного УЗ-воздействия на компактируемый порошок	189
6.4. Влияние ориентации колебательного смещения относительно оси прессования на плотность прессовок	195
6.5. Влияние УЗ-воздействия на качество прессовки	197
6.6. Влияние УЗ-воздействия на параметры уплотнения и межчастичные связи	207
6.7. Влияние УЗ-воздействия на плотность и усадку спеченной керамики	216
6.8. Влияние УЗ-воздействия на порораспределение и зернистость спеченной керамики	223
6.9. Влияние УЗ-воздействия на параметры кристаллической структуры и прочностные свойства конструкционной керамики	229
Заключение	248
Литература	250
Список сокращений	269