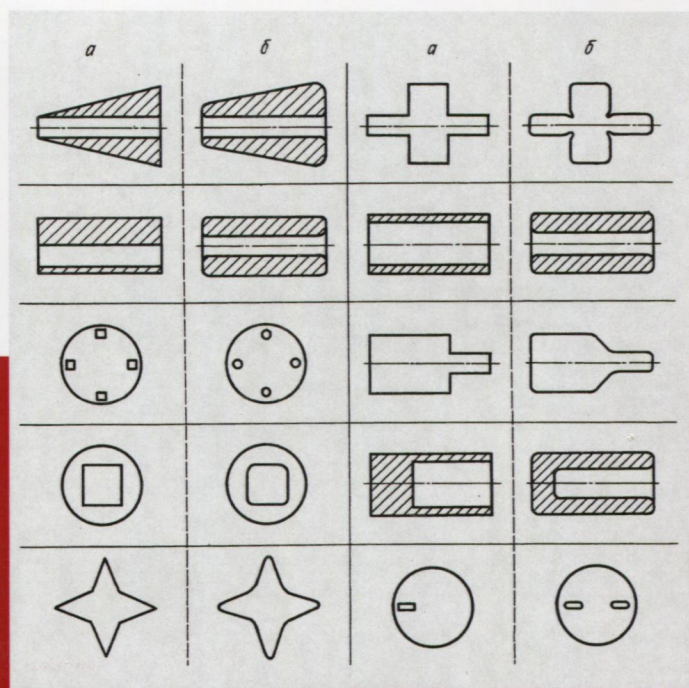


КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Керамические материалы



А. П. Гаршин
Г. П. Зайцев



ЛАНЬ

**А. П. ГАРШИН,
Г. П. ЗАЙЦЕВ**

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Под общей редакцией профессора
Санкт-Петербургского политехнического университета
А. П. Гаршина

Издание третье, стереотипное



ЛАНЬ

• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР •
2023

УДК 621
ББК 30.36я73

Г 21 **Гаршин А. П.** Композиционные материалы в машиностроении. Керамические материалы : учебное пособие для вузов / А. П. Гаршин, Г. П. Зайцев ; под общей редакцией А. П. Гаршина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 412 с. : ил. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-507-46949-9

В книге изложены основные этапы технологии получения и применения керамики на основе твердых и тугоплавких соединений в машиностроении, станкостроении, двигателях, ракетокосмических, атомоэнергетических и защитных комплексах. Показана взаимосвязь закономерностей формирования структуры, состава и свойств машиностроительной керамики, отличающейся экстремальными свойствами и надежностью.

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры направлений подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Материаловедение и технологии материалов». Рекомендуется для инженеров-технологов, конструкторов и научных работников.

УДК 621
ББК 30.36я73

Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2023
© А. П. Гаршин, Г. П. Зайцев, 2023
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Вещества и материалы машиностроительной керамики	6
1.1. Кристаллохимические особенности твердых и тугоплавких веществ	6
1.2. Оксид алюминия	11
1.3. Диоксид циркония	18
1.4. Карбид кремния	22
1.4.1. Монокристаллы и пленки карбида кремния	27
1.4.2. Технический карбид кремния	28
1.4.3. Керамика на основе карбида кремния	31
1.5. Карбиды и силициды бора	55
1.6. Нитриды бора и алюминия	61
1.7. Нитрид кремния и сиалоны	72
1.8. Тугоплавкие соединения переходных металлов	78
Глава 2. Подготовка исходных порошков	80
2.1. Характеристика и свойства порошков	80
2.1.1. Форма частиц и дисперсность	80
2.1.2. Технологические характеристики порошков	87
2.2. Измельчение и перемешивание	91
2.2.1. Энергетика и кинетика измельчения	91
2.2.2. Измельчение и свойства материалов	93
2.3. Кинетика и оценка качества перемешивания	95
2.4. Технология измельчения и перемешивания	97
2.4.1. Краткая характеристика помольных установок и принципы их работы	97
2.4.2. Особенности технологии измельчения керамических материалов	99
2.5. Получение ультрадисперсных керамических порошков	100
Глава 3. Формование порошковых масс	111
3.1. Методы формования	111
3.2. Компоненты временных связей и их роль в процессе формообразования	115
3.3. Полусухое прессование	117
3.3.1. Характеристика и поведение порошков под давлением	117
3.3.2. Оптимизация процесса прессования	119
3.3.3. Методы полусухого прессования	124
3.4. Протяжка (экструзия)	126
3.5. Шликерное литье	128
3.5.1. Литье из водных шликеров	128
3.5.2. Формы для шликерного литья	135
3.5.3. Пленочное (ленточное) литье	136
3.5.4. Горячее литье под давлением	139
3.6. Удаление временной связки	148
4. Математические модели и оптимизация процессов спекания	155
4.1. Математические модели уплотнения при спекании	155
4.1.1. Характеристики пористой структуры керамики	155
Теоретические основы математических моделей спекания	156
ирированное спекание	165

4.2.1. Повышение активности пористой структуры	165
4.2.2. Спекание под давлением	172
4.2.3. Роль спекающих добавок (минерализаторов)	175
4.3. Математические модели кинетики роста зерна при спекании	179
4.4. Математическое моделирование в оптимизации режима спекания	183
4.4.1. Теория моделирования термически активируемых процессов	183
4.4.2. Температурно-временные режимы спекания с постоянной скоростью	185
4.4.3. Температурно-временные режимы спекания с постоянным отношением скорости уплотнения к скорости нагревания	187
4.4.4. Температурно-временные режимы спекания с постоянным отношением скорости уплотнения к скорости роста зерен	188
4.4.5. Оптимизация режима спекания и структурно-чувствительных свойств керамики	193
4.5. Взаимосвязь кинетических параметров спекания с прочностью керамики	197
Глава 5. Обработка керамических деталей	202
5.1. Абразивная обработка	202
5.2. Электроэрозионная и электрохимическая обработка	210
5.3. Ультразвуковая обработка	213
5.4. Гидродинамическая обработка	215
5.5. Лазерная обработка	217
Глава 6. Структура и свойства керамики	221
6.1. Классификация и влияние отдельных типов дефектов структуры на свойства керамики	221
6.2. Комплексное влияние дефектов структуры на свойства керамики	229
6.2.1. Упругие свойства	229
6.2.2. Прочность и химическая стойкость	234
6.2.3. Теплопроводность	238
6.2.4. Стойкость к термическим ударам (термостойкость)	239
6.3. Трибология машиностроительной керамики	245
Глава 7. Надежность керамических деталей и конструкций	250
7.1. Критерии надежности керамических материалов	250
7.1.1. Статистическая оценка прочности	251
7.1.2. Энергетические критерии надежности	253
7.1.3. Докритический рост трещин	256
7.1.4. Прогнозирование долговечности керамических материалов	261
7.1.5. Повышение надежности керамики путем использования неразрушающих методов контроля	263
7.2. Комплексная оценка свойств керамических материалов	265
7.3. Проектирование деталей машин и конструкций из керамики	266
Глава 8. Износоустойчивая керамика в машиностроении	270
8.1. Применение керамических материалов в станкостроении	270
8.2. Режущая керамика	276
8.2.1. Требования к свойствам режущей керамики	276
8.2.2. Классификация режущих керамических материалов	277
8.2.3. Режущие керамические материалы на основе оксидной керамики	278
8.2.4. Смешанная минералокерамика	280
8.2.5. Режущая керамика на основе бескислородных соединений	283
8.2.6. Особенности технологии изготовления режущих минералокерамических пластин	285
8.2.7. Номенклатура керамического инструмента	289

8.3. Керамические материалы в сельскохозяйственном машиностроении	290
8.4. Керамические материалы в текстильном машиностроении	293
8.5. Керамика в нефтяном и химическом машиностроении	298
8.5.1. Керамические детали в нефтяной и газовой промышленности	298
8.5.2. Керамические детали химической арматуры	302
8.6. Керамика для бумагоделательного машиностроения	306
Глава 9. Керамические двигатели	315
9.1. Общие сведения о керамических двигателях	315
9.2. Поршневой адиабатный керамический двигатель (АД).....	316
9.2.1. Теплоизоляционная и конструкционная керамика из упрочненного диоксида циркония.....	317
9.2.2. Особенности технологии и свойства трансформационно-упрочненной керамики на основе ZrO_2	321
9.3. Газотурбинные керамические двигатели (ГТД).....	333
9.3.1. Керамика на основе нитрида кремния	335
Глава 10. Керамика специального назначения	346
10.1. Бронева (противоударная) керамика	346
10.2. Керамика в ракетно-космическом машиностроении.....	351
10.3. Керамика в атомно-энергетическом машиностроении	361
Глава 11. Охрана труда и окружающей среды в производстве машиностроительной керамики	367
11.1. Мировой технический прогресс и проблема утилизации отходов промышленности	367
11.2. Пылегазовые выбросы и их очистка	372
11.3. Сточные воды и их очистка.....	385
11.3.1. Классификация сточных вод и методов их очистки.....	385
Приложение. Вопросы для самоконтроля глубины и прочности закрепления полученных знаний при изучении данного учебного пособия.....	390
Список литературы.....	399