

Введение в систематику умных материалов / [Л. С. Пинчук и др.]; под общ. ред. Л. С. Пинчука. — Минск : Беларуская навука, 2013. — 398 [1] с. : ил., табл., схемы. — Авт. указаны на обороте тит. л. — Библиогр. : с. 373-396.

УДК 620.22-027.31

ББК 3

Ч/З №1 — 1 экз.

Совокупность умных материалов систематизирована методами таксономии по признакам, присущим кибернетическим системам. Это позволило расположить многообразие умных материалов и технических систем, как разработанных, так и еще не созданных, в единой таблице и обосновать трехэтапный процесс их создания: регистрация изменений структуры материала при эксплуатации; выбор механизма целесообразной коррекции структуры с помощью канала обратной связи; реализация выбранного механизма коррекции на основе достижений естественных наук.

Приведены энергетические характеристики внешних воздействий, которые испытывают материалы при эксплуатации. Предложена феноменологическая модель умного материала, в котором первичную перестройку структуры корректирует обратная связь, инициирующая в материале вторичные физико-химические процессы, происходящие за счет изменения внутренней энергии материала. Рассмотрены основные классы умных материалов и технических систем, разрабатываемых и нашедших применение в машиностроении, радиоэлектронике, медицинской технике и других сферах человеческой деятельности.

Книга предназначена для научно-технических работников, инженеров и конструкторов, занятых разработкой перспективных материалов. Она будет полезна студентам, магистрантам и аспирантам при изучении дисциплин материаловедческого профиля.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт механики металлополимерных систем
им. В. А. Белого

ВВЕДЕНИЕ В СИСТЕМАТИКУ УМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под общей редакцией
доктора технических наук
Л. С. Пинчука



Минск
«Беларуская навука»
2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Концепция умных материалов	7
1.1. Ретроспекция	7
1.2. Основные понятия	13
1.3. Энергетические аспекты внешних воздействий на материалы..	24
Глава 2. Ответ материалов на внешние воздействия	32
2.1. Деформация	32
2.1.1. Деформация твердых материалов	32
2.1.2. Деформация жидкостей.....	39
2.1.3. Деформирование газов	41
2.2. Явления переноса	43
2.2.1. Диффузия	44
2.2.2. Перенос зарядов	49
2.2.3. Перенос излучения	49
2.2.4. Теплообмен	56
2.3. Фазовые переходы	57
2.3.1. Термодинамическая система.....	58
2.3.2. Плавление и кристаллизация	60
2.3.3. Испарение, сублимация и конденсация	63
2.3.4. Фазовые переходы в твердом теле	65
2.3.5. Переходы в жидкости	67
2.3.6. Переходы в газе	70
2.4. Электрические явления.....	72
2.4.1. Поляризация.....	72
2.4.2. Пьезо-, пиро- и сегнетоэлектричество.....	79
2.4.3. Электрокинетические явления.....	80
2.4.4. Гальваномагнитные явления	82
2.4.5. Сверхпроводимость	83
2.4.6. Электрохимические процессы	85
2.5. Магнитные переходы	86
2.5.1. Намагничивание	86

2.5.2. Магнитные фазовые переходы.....	89
2.5.3. Магнитная релаксация	89
2.5.4. Магнитострикция	91
2.5.5. Магнитная вязкость	92
2.5.6. Тепловые и оптические эффекты	94
2.6. Поверхностные явления.....	96
2.6.1. Поверхностная энергия	96
2.6.2. Смачивание и растекание	97
2.6.3. Адсорбция	98
2.6.4. Капиллярные явления	101
2.6.5. Адгезия.....	102
2.6.6. Наноструктуры.....	104
2.7. Биотрансформация материалов.....	106
2.7.1. Биокоррозия металлов.....	108
2.7.2. Биодеструкция полимеров	110
2.7.3. Биозагрязнение жидкостей	114
Глава 3. Систематизация и методы описания умных материалов	117
3.1. Методы таксономии материалов.....	118
3.2. Модель умного материала	120
3.3. Механика умных материалов.....	124
3.3.1 Структурно-функциональный анализ композитов	126
3.3.2. Макромеханические методы моделирования УМ.....	131
3.3.3. Методы физической мезомеханики материалов	133
3.3.4. Принципы моделирования УМ: самоорганизация структуры, система обратной связи, подвижные границы	139
3.3.5. УМ с подвижными межфазными границами	144
3.4. Формулировки и решения некоторых задач механики УМ.....	146
3.4.1 Самозалечивание повреждений	146
3.4.2. Самоармирование материалов	149
3.4.3. Материалы с отрицательным и нулевым коэффициентами термического расширения	154
3.4.4. Материалы с отрицательным коэффициентом Пуассона (ауксетики)	155
3.4.4.1. Композиционные ауксетичные материалы	157
3.4.4.2. Пористые и гранулированные материалы	160
3.4.4.3. Природные материалы	166
3.4.5. Использование аномально упругих материалов в УМ	166
3.4.5.1. Самоупрочнение УМ с ауксетичными компонентами ...	167
3.4.5.2. Термостабильные УМ с ауксетичными компонентами ...	169
3.5. Классификация умных материалов и технологических систем ...	171
Глава 4. Основные классы умных материалов и технических систем ...	180
4.1. Конструкционные материалы	180
4.1.1. Самозалечивающиеся материалы.....	180

4.1.2. Жаропрочные материалы	182
4.1.3. Хладостойкие материалы	186
4.1.4. Радиационно стойкие материалы	189
4.1.5. Коррозионно-стойкие материалы	193
4.2. Триботехнические системы	198
4.2.1. Материалы, работающие при аномальных температурах....	199
4.2.2. Материалы работающие при воздействии полей и излучений...	203
4.2.3. Материалы для работы в коррозионных средах	209
4.2.4. Смазочные материалы	213
4.2.5. Фрикционные материалы	215
4.3. Защитные системы	219
4.3.1. Герметизирующие материалы	219
4.3.2. Фильтрующие материалы	232
4.3.3. Теплоизоляционные и звукопоглощающие материалы	238
4.3.4. Радиопоглощающие материалы	244
4.3.5. Антикоррозионные покрытия	247
4.4. Изделия электротехники и электронной техники	252
4.4.1. Проводники	255
4.4.2. Полупроводники	264
4.4.3. Диэлектрики	272
4.4.4. Магнитные материалы	278
4.4.5. Оптически активные материалы	287
4.5. Материалы и изделия медицинской техники	302
4.5.1. Методы и устройства физиотерапии	303
4.5.2. Материалы для имплантов	310
4.5.3. Целевая доставка лекарств	321
4.5.4. Выращивание тканей	325
4.6. Средства упаковки	331
4.6.1. Активные средства упаковки	333
4.6.2. Газоселективные пленки	338
4.6.3. Биоразлагаемые упаковки	341
4.6.4. Информационные упаковки	345
4.7. Биологически активные материалы и системы	347
4.7.1. Антимикробные материалы	348
4.7.2. Регуляторы брожения	350
4.7.3. Регуляторы роста растений	352
4.7.4. Системы очистки вод	356
Глава 5. Умные материалы и энергетическая проблема	360
5.1. Глобальная энергетическая проблема	360
5.2. Энергозатраты на производство материалов	365
5.3. Техничко-экономическая эффективность умных материалов и тех- нических систем	367
Заключение	371
Литература	373