

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Н. Н. Черенда В. И. Шиманский В. В. Углов

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАСТАБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Рекомендовано
Учебно-методическим объединением
по естественно-научному образованию
в качестве пособия для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся
по специальностям «физика», «прикладная
физика», «фундаментальная физика»,
«ядерные физика и технологии»*

МИНСК
БГУ
2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ	4
1.1. Кристаллическая решетка твердых тел.....	4
1.2. Кристаллографические обозначения направлений и плоскостей в кристаллах.....	10
1.3. Дефекты кристаллического строения твердых тел.....	12
1.4. Формирование твердой фазы из неупорядоченной фазы. Монокристаллы и поликристаллы	19
2. УПРУГИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ	25
2.1. Деформация кристаллов. Виды деформаций.....	25
2.2. Механическое напряжение. Тензор напряжений	33
2.3. Элементарный и обобщенный закон Гука для изотропных тел	35
2.4. Закон Гука для анизотропных кристаллов.....	39
3. ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ	42
3.1. Дислокационный механизм пластической деформации	42
3.2. Механизмы упрочнения твердых тел.....	52
4. МЕТОДЫ И ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ	66
4.1. Статические испытания	70
4.1.1. Испытания на растяжение	71
4.1.2. Испытания на сжатие.....	74
4.1.3. Испытания на изгиб	77
4.1.4. Испытания на кручение	80
4.2. Динамические испытания.....	82
4.3. Трибологические испытания	89
4.4. Твердость.....	95
4.4.1. Твердость по Бринеллю.....	97
4.4.2. Твердость по Виккерсу	100
4.4.3. Твердость по Роквеллу.....	101

4.4.4. Сопоставление значений твердости	103
4.4.5. Микротвердость	104
4.4.6. Методы царапания и динамические способы оценки твердости	105
5. РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ. НАНООБЪЕКТЫ.....	108
6. ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	114
6.1. Общие представления о нанокристаллических материалах	114
6.2. Структурные особенности нанокристаллических материалов.....	118
6.3. Процессы пластической деформации в нанокристаллических материалах	123
6.4. Влияние границ раздела на скольжение решеточных дислокаций	128
6.5. Механизмы деформации, связанные с ускоренной диффузией по границам зерен	130
6.6. Зернограничное скольжение в нанокристаллических материалах	134
7. СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ МАТЕРИАЛОВ	136
7.1. Атомная структура аморфных твердых тел.....	136
7.2. Методы получения аморфных материалов.....	139
7.3. Дефекты в аморфных структурах	143
7.4. Механические свойства аморфных твердых тел	144
8. ТОНКИЕ ПЛЕНКИ И ПОКРЫТИЯ.....	149
8.1. Основные методы формирования тонких пленок	149
8.2. Внутренние напряжения в пленках	152
8.3. Пленки с повышенной твердостью	155
9. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ С МЕТАСТАБИЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ, СИНТЕЗИРОВАННОЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ.....	156
9.1. Компрессионные плазменные потоки	158
9.2. Механические свойства поверхностных слоев, синтезированных при воздействии компрессионных плазменных потоков.....	161
9.2.1. Диспергирование структуры	161
9.2.2. Увеличение плотности дефектов кристаллической решетки	165
9.2.3. Формирование метастабильных фаз	167
9.2.4. Комплексный анализ механизмов упрочнения	170
9.3. Термическая стабильность структурно-фазового состояния и механических свойств	173
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	180