

Д.В. Зайцев С.С. Григорьев П.Е. Панфилов

**ПРИРОДА ПРОЧНОСТИ ДЕНТИНА
И ЭМАЛИ ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА
ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И МАТЕМАТИКИ

Д.В. Зайцев, С.С. Григорьев, П.Е. Панфилов

**ПРИРОДА ПРОЧНОСТИ
ДЕНТИНА И ЭМАЛИ
ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА**



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
2017

Зайцев, Д.В.

Природа прочности дентина и эмали зубов человека / Д.В. Зайцев, С.С. Григорьев, П.Е. Панфилов; М-во образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Ин-т естеств. наук и математики. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. – 173 с.

В представленной книге содержатся результаты исследований прочностных свойств твердых тканей зубов человека, проводимых в Уральском федеральном университете (Екатеринбург) и Уральском государственном медицинском университете (Екатеринбург). Целью работы являлся поиск взаимосвязи между микроструктурой дентина и эмали зубов человека и их прочностными свойствами для построения физической модели, позволяющей изучить механизмы деформации и разрушения, от которых зависят высокие эксплуатационные свойства этих твердых тканей. Микроструктура дентина и эмали представлена в книге с позиции физического материаловедения, в рамках которого они рассматриваются как сложноорганизованные иерархические биоконпозиты. Большое внимание уделяется описанию процесса получения достоверных данных о механических свойствах твердых тканей зубов человека при различных схемах и условиях нагружения. Помимо результатов собственных исследований приведено большое количество литературных данных по этой тематике. В работе рассматриваются микроструктура и механические свойства дентина и эмали только неповрежденных зубов человека. С учетом междисциплинарного характера данного исследования материал представлен по возможности в доступной форме с минимальным употреблением специальной терминологии, используемой как в физике, так и в медицине.

Книга предназначена для научных работников, занимающихся разработкой новых композиционных материалов на основе микроструктуры биологических тканей как общего назначения, так и для стоматологии. Книга также может быть использована студентами и аспирантами физических и медицинских специальностей в качестве дополнительного материала к основным курсам лекций по физическому и стоматологическому материаловедению. Кроме того, данные о прочностных свойствах твердых тканей зубов будут полезны стоматологам при проведении научно-исследовательской работы и выборе тактики лечения при восстановлении зубов человека.

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук *А.И. Малкин*
д-р мед. наук, проф. *Л.П. Кисельникова*

Рекомендовано к публикации ученым советом
Института естественных наук и математики УрФУ,
протокол № 6 от 18.09.2017 г.

*Книга опубликована за счет средств Российского научного фонда,
грант № 15-19-10007*

ISBN 978-5-7692-1563-6

© Зайцев Д.В., Григорьев С.С.,
Панфилов П.Е., 2017
© Оформление. Издательство
СО РАН, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	10
Глава 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	15
1. Аттестация микроструктуры материалов	15
1.1. Оптическая микроскопия	16
1.2. Сканирующая электронная микроскопия	18
1.3. Просвечивающая электронная микроскопия	20
1.4. Рентгеноструктурный анализ	22
1.5. Элементный анализ	24
2. Механические свойства материалов	26
2.1. Испытания на сжатие	28
2.2. Испытания на растяжение	30
2.3. Испытания на изгиб	32
2.4. Испытания на сдвиг	34
2.5. Точечное нагружение	34
Список литературы к гл. 1	37
Глава 2. ДЕНТИН	38
1. Микроструктура дентина	38
1.1. Первый уровень структуры дентина	40
1.2. Второй уровень структуры дентина	40
1.3. Третий уровень структуры дентина	41
1.4. Пористость дентина	43
1.5. Неорганические компоненты дентина	44
1.6. Органические компоненты дентина	44
2. Механические свойства дентина	45
2.1. Механические свойства дентина при сжатии	45
2.1.1. Размерный эффект дентина	52
2.1.2. Эффект формы дентина	53
2.1.3. Зависимость свойств дентина от скорости нагружения	63

2.1.4. Ползучесть дентина при сжатии	65
2.1.5. Влияние жидких сред на свойства дентина	67
2.1.6. Низкотемпературные испытания дентина при сжатии	69
2.2. Механические свойства дентина при растяжении	77
2.2.1. Диаметральное сжатие дентина	78
2.2.2. Низкотемпературные испытания дентина при растяжении	83
2.3. Механические свойства дентина при изгибе	87
2.3.1. Изгиб дентина	87
2.3.2. Зависимость свойств дентина от скорости нагружения	91
2.3.3. Ползучесть дентина при изгибе	93
2.4. Механические свойства дентина при сдвиге	95
2.5. Твердость дентина	98
3. Разрушение дентина	100
3.1. Растяжение дентина	104
3.2. Сжатие дентина	105
4. Механизмы деформации и разрушения в дентине	106
4.1. Теоретическая модель деформационного поведения дентина	106
4.2. Сравнение дентина с наполненными полимерами	107
4.3. Физическая модель деформационного поведения дентина	114
Список литературы к гл. 2	116
Глава 3. ЭМАЛЬ	120
1. Микроструктура эмали	120
1.1. Первый уровень структуры эмали	120
1.2. Второй уровень структуры эмали	121
1.3. Третий уровень структуры эмали	122
1.4. Пористость эмали	122
1.5. Неорганические компоненты эмали	122
1.6. Органические компоненты эмали	123
2. Механические свойства эмали	124
2.1. Механические свойства эмали при сжатии	124
2.1.1. Эффект формы эмали	128
2.1.2. Зависимость свойств эмали от скорости нагружения	136
2.1.3. Ползучесть эмали	137
2.1.4. Низкотемпературные испытания эмали при сжатии ...	138
2.2. Механические свойства эмали при растяжении	140
2.2.1. Диаметральное сжатие эмали	140
2.2.2. Низкотемпературные испытания эмали при растяжении	143
2.3. Механические свойства эмали при сдвиге	145
2.4. Твердость эмали	150
3. Разрушение эмали	151

4. Механизмы деформации и разрушения в эмали	153
4.1. Теоретическая модель деформационного поведения эмали ...	153
4.2. Физическая модель деформационного поведения эмали	154
Список литературы к гл. 3	155
Глава 4. ДЕНТИНОЭМАЛЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ	158
1. Микроструктура дентиноэмалевого соединения	158
2. Механические свойства дентиноэмалевого соединения	159
2.1. Механические свойства дентиноэмалевого соединения при сжатии	161
2.1.1. Сжатие дентиноэмалевого соединения	161
2.1.2. Низкотемпературные испытания дентиноэмалевого соединения	164
2.2. Механические свойства дентиноэмалевого соединения при сдвиге	166
3. Разрушение дентиноэмалевого соединения	169
4. Роль дентиноэмалевого соединения в зубе	170
Список литературы к гл. 4	171