

# ИНСТРУМЕНТЫ ДИАГНОСТИКИ НДС ПОЛУНАТУРНЫХ ОБРАЗЦОВ ЦЕЛЬНОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРОНОК ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

А.В. Биккулова<sup>а</sup>, В.Э. Вильдеман<sup>а</sup>, А.Г. Рогожников<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, Россия

<sup>б</sup> Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера Минздрава России, 614000, Пермь, ул. Петропавловская, 26

Применение керамических материалов в качестве реставраций дефектов зубов и зубных рядов является актуальным направлением развития стоматологии. Определение механических характеристик данных материалов возможно не только традиционными методами, обозначенными в стандартах ГОСТ, ASTM и ISO, но и при помощи комплексных исследований с одновременным применением современных испытательных и диагностических систем. Подобные исследования позволяют получать дополнительные данные о поведении и характере разрушения материалов и элементов конструкций медицинского назначения.

Для комплексного исследования механического поведения материалов может использоваться уникальный комплекс научного оборудования Центра экспериментальной механики (ЦЭМ) ПНИПУ, в частности, следующие испытательные и измерительные системы.

1. Специализированная испытательная сервогидравлическая двухосевая система Instron 8850.
2. Универсальная электромеханическая испытательная система Instron 5965.
3. Система универсальная электромеханическая Instron 5882.
4. Сервоэлектрическая испытательная система Instron ElectroPuls E10000.
5. Инфракрасная тепловизионная система FLIR SC7700M.
6. Цифровая система для видео анализа и измерения деформации Vic-3D.
7. Акустико-эмиссионная система Vallen-Systeme GmbH AMSY-6.
8. Стереомикроскоп CarlZeiss SteREO Discovery.V12
9. Термокриокамеры

Технопарк ЦЭМ ПНИПУ позволяет проводить как испытания стандартных образцов, так и испытания полноразмерных полунатурных образцов, а также производить моделирование и расчеты при помощи программно-вычислительного комплекса Ansys и встроенного программного обеспечения испытательных и измерительных систем.

В качестве примера рассмотрим квазистатические испытания полноразмерных полунатурных образцов цельнокерамических коронок, соответствующих анатомической форме премоляра нижней челюсти.



Рисунок 1. Испытательное и диагностическое оборудование ЦЭМ

Механические испытания проводились на универсальной сервогидравлической системе Instron 8850 (Великобритания) при комнатной температуре с применением специализированной оснастки.

Данная испытательная система предназначена для проведения испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, двухосевых (растяжение – сжатие, кручение) статических и циклических испытаний при нагрузках до 100 кН/1000 Н·м.

Во время испытания проводилась запись сигналов акустической эмиссии с помощью акустико-эмиссионной системы AMSY-6 Vallen (Германия). Использовался датчик акустической эмиссии М-31 с частотным диапазоном 300–800 кГц и предусилитель АЕР4 с коэффициентом усиления 34 дБ.

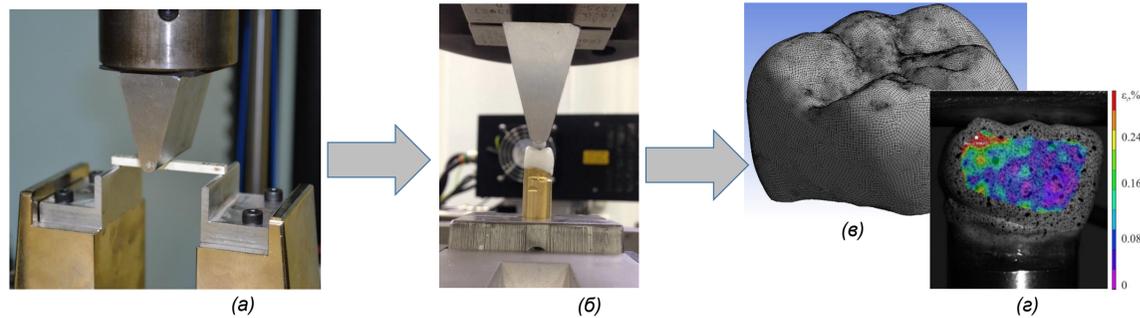


Рисунок 2. Керамические материалы в процессе испытаний: (а) – стандартный образец; (б) – полноразмерный полунатурный образец коронки зуба; (в) – численная модель коронки зуба; (г) – поля интенсивности деформаций на поверхности коронки зуба

Для проведения экспериментальных исследований было изготовлено\* по четыре идентичных полунатурных образца для каждого из трех видов материала:

- 1) поликристаллическая керамика – наноструктурированная комплексно-стабилизированная диоксидом иттрия и диоксидом церия диоксид-циркониевая керамика\* (Материал разработан на базе Научного центра порошкового материаловедения ПНИПУ под руководством академика РАН В.Н. Анциферова ПНИПУ);
- 2) стеклосодержащая керамика (силикатная керамика) – неметаллический неорганический керамический материал, содержащий стеклянную фазу, в частности, полевошпатная керамика VITABLOCKS® Mark II, Vita (Германия);
- 3) стеклосодержащая керамика (силикатная керамика) – синтетическая дисиликатлитиевая керамика IPS e.maxs CAD, Ivoclar Vivadent (Германия).

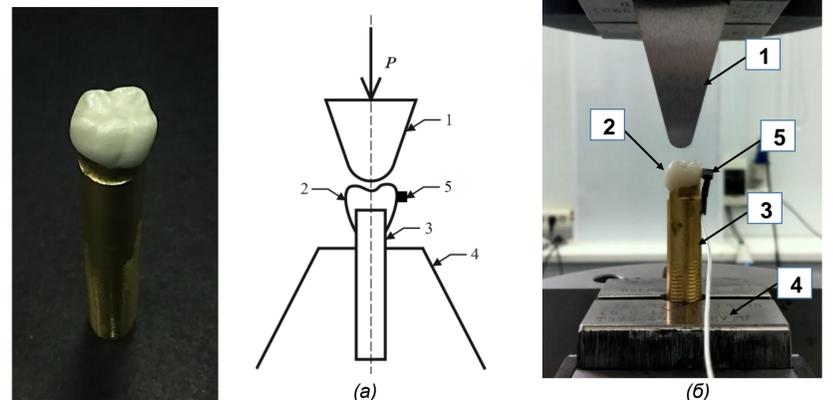


Рисунок 3. Внешний вид полунатурных образцов цельнокерамических коронок перед испытанием

Рисунок 4. Схема (а) и внешний вид (б) испытания на сжатие полунатурного образца цельнокерамической коронки: 1 – нагружающее устройство; 2 – образец; 3 – металлическое основание образца; 4 – захваты испытательной системы; 5 – датчик акустической эмиссии

Коронка закреплялась на металлическом основании с целью дальнейшей установки в захваты приспособления испытательной системы.

В качестве соединительного материала использовался состав Variolink 2, IVOCLAR VIVADENT – композитная система двойного (светового и химического) отверждения для адгезивной фиксации керамических и композитных реставраций.

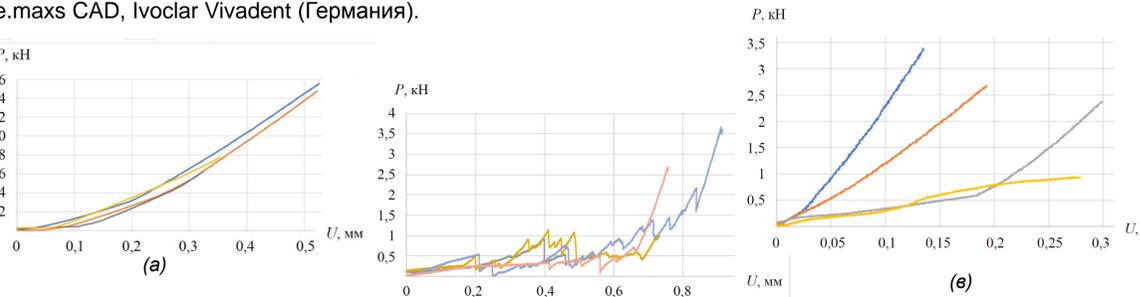


Рисунок 5. Зависимости нагрузка – перемещение, полученные в опытах на сжатие образцов цельнокерамических коронок: а – из поликристаллической керамики диоксида циркония; б – полевошпатной керамики; в – синтетической дисиликат-литиевой керамики

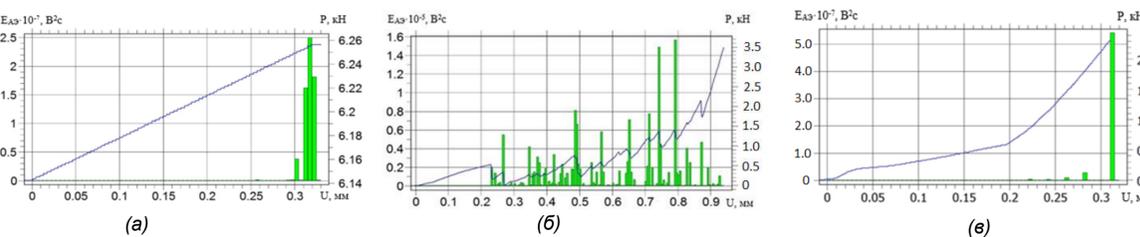


Рисунок 6. Совмещенные диаграммы зависимостей энергетического параметра сигналов акустической эмиссии и диаграмм нагрузка-перемещение для образцов из диоксид-циркониевой (а), полевошпатной (б) и дисиликат-литиевой (в) керамики

## Заключение

1. Отмечается различный характер разрушения полунатурных образцов. Для цельнокерамических коронок из диоксид-циркониевой и дисиликатлитиевой керамики разрушение происходит мгновенно с образованием двух-трех крупных осколков, для коронок из полевошпатной керамики разрушение происходит поэтапно с образованием множества мелких сколов и нескольких крупных осколков.
2. Среднее значение максимальной нагрузки для образцов из поликристаллической керамики диоксид циркония  $\approx 11$  кН, для образцов из полевошпатной керамики  $\approx 2,1$  кН, из синтетической дисиликатлитиевой керамики  $\approx 1,1$  кН.
3. Анализ графиков зависимости энергетического параметра сигналов акустической эмиссии от перемещения позволяет получить дополнительную важную информацию о процессе накопления повреждений. Первый всплеск энергетического параметра для образцов из полевошпатной керамики зарегистрирован уже при нагрузке 0,5 кН. Это говорит о том, что цельнокерамические коронки из данного материала подвержены образованию и распространению трещин при небольших значениях нагрузки. Для образцов из поликристаллической керамики диоксид циркония и дисиликатлитиевой керамики, напротив, резкий рост акустико-эмиссионной активности происходит в момент, предшествующий окончательному динамическому разрушению полунатурного образца, это говорит о том, что цельнокерамические коронки из данных материалов более устойчивы к распространению трещин и образованию сколов.

Таким образом, преимущество и целесообразность применения поликристаллической керамики из диоксида циркония в качестве материала для изготовления конструкций несъемных зубных протезов подтверждается результатами экспериментальных исследований. Использование дополнительных методов диагностики, таких как метод регистрации сигналов акустической эмиссии, позволяет получить дополнительную важную информацию о характере и процессе накопления повреждений цельнокерамических элементов зубных протезов.

Полученная по разработанной рецептуре и технологии отечественная керамика на основе диоксида циркония для изготовления несъемных конструкций зубных протезов методом CAD/CAM соответствует стандарту ISO 6872, предъявляемому современным керамическим материалам для стоматологии. Испытания показали превосходство нового отечественного материала над импортными, значительное увеличение механических характеристик, что позволяет успешно решать вопросы импортозамещения и импортовытеснения в области материалов ортопедической стоматологии. Комплексные исследования механических характеристик новых материалов с применением современных испытательных и измерительных систем позволяют получить более детальную информацию об их поведении и характере разрушения в условиях близких, к условиям биологического функционирования.

Материал	Средние значения максимальной нагрузки, кН	Характер разрушения	Характерный вид разрушенных образцов
Поликристаллическая керамика диоксид циркония	11,09	Мгновенно с образованием одного или двух крупных осколков	
Полевошпатная керамика VITABLOCKS® Mark II, Vita (Германия)	2,11	Поэтапно с образованием сколов и большого числа крупных осколков	
Синтетическая дисиликатлитиевая керамика IPS e.maxs CAD, Ivoclar Vivadent (Германия)	1,13	Мгновенно с образованием нескольких крупных осколков	