



3-я переработанная
и расширенная версия

Материаловедческий сборник по облицовочной керамике

Содержание

1. Основы материаловедения для стоматологической керамики	2
1.1 История	2
1.2 Виды и типы материалов	3
2. Объяснение коэффициента теплового расширения (КТР)	6
2.1 Общие понятия	6
2.2 Кривая теплового расширения	7
2.3 Кристаллизация и изменение КТР	8
3. Образование напряжений в керамике	9
4. Металлокерамическая система	10
4.1 Основные сведения	10
4.2 Распределение напряжений в системе	10
4.3 Прочность адгезии металла и керамики	10
4.4 Причины появления трещин и сколов	13
5. Обжиг керамики	13
5.1 Программа обжига	13
5.2 Общая схема обжига	14
5.3 Проведение обжига/энергетический баланс	15
6. Ошибки и их устранение	15
6.1 Трещины	15
6.2 Разрывы	16
6.3 Сколы (chipping)	17
6.4 Проблемы с цветом	18
6.5 Пузыри	19
6.6 Рекомендации по работе с пастообразными опакami	24
7. Оксид циркония в качестве каркасного материала	22
7.1 Долгосрочное проспективное клиническое исследование долговечности мостовидных протезов Cercon жевательных зубов на 3 и 4 единицы	22
7.2 Больше надежности цельнокерамических реставраций с Cercon ceram Kiss	23
8. Оксид циркония – сколы (chipping) и разрывы. Причины их появления и как этого избежать	25
8.1 Препарирование	25
8.2 Изготовление	26
8.3 Интеграция в зубной ряд	27
9. Обзор облицовочной керамики Dentsply Sirona	28

1. Основы материаловедения в стоматологической керамике

1.1 История

Прошрое столетие началось с цельнокерамической коронки. В 1903 г. американским стоматологом Чарльзом Лэндом была запатентована технология одиночной реставрации, которая преимущественно использовалась во фронтальной группе зубов, – жакетная коронка, изготавливаемая и сегодня на основе платиновой фольги. Ее недостатком было то, что используемое фарфоровое сырье было очень тугоплавким, непрозрачным и визуально напоминало кость. Атмосферный обжиг также неблагоприятно влиял на эстетичность – связанная с ним высокая пористость усиливала непрозрачность и эффект «кости». В целом, в этот период удалось создать революционную цельнокерамическую коронку, которая, разумеется, не идет ни в какое сравнение с современными коронками с точки зрения эстетичности и клинических аспектов.

В 1949 г. внедрение в Германии процесса вакуумного обжига Х. Гатцки значительно улучшило эстетику обожженной керамической массы. Вакуумный обжиг уменьшил количество пузырьков в керамике, что сделало массы более прозрачными и, следовательно, более эстетичными.

В 1962 г. патент Вайнштейна позволил впервые приблизить коэффициент теплового расширения керамики к КТР сплавов. Это произошло благодаря разработанной двухфазной стеклокерамике, содержащей кристаллический лейцит, которая также имела более низкие температуры обжига, чем керамика, содержащая фарфор, и гораздо лучшие эстетические свойства, аналогичные свойствам стекла.

История стоматологической керамики

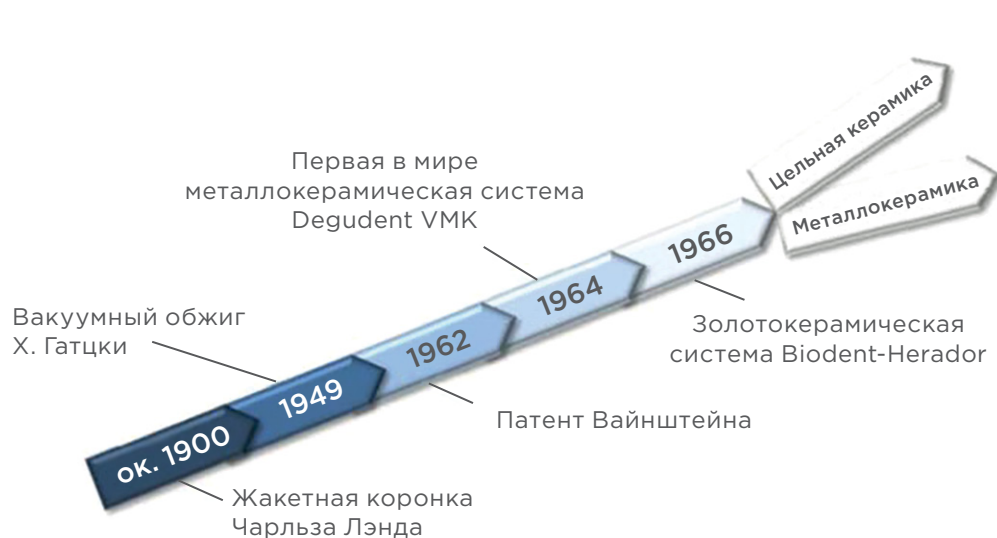


Рис. 1.
История стоматологической керамики

На основе патента Вайнштейна в Германии была выпущена первая в мире металлокерамическая система Degudent VMK, разработанная компаниями Degussa (сплав) и Vita (облицовочная керамика). За ней последовала система золотосодержащего сплава и керамики Biodent-Herador компаний DeTrey и Heraeus.

В начале 1990-х гг. возрос интерес к цельнокерамическому стоматологическому протезированию, что дало импульс новым разработкам. В результате в мире появляется все больше металлокерамических и цельнокерамических систем.

1.2 Виды и типы материалов

Все неорганические облицовочные материалы для стоматологических металлических и керамических каркасов чаще всего называют керамикой или облицовочной керамикой. Это определение и будет использоваться далее.

Фазы, присутствующие в микроструктуре или химическом составе, рассматриваются при описании материала с точки зрения материаловедения.

Как правило, материалы называются в соответствии с фазами, наибольшими по доле в химическом составе. В случае облицовочной керамики это стеклофаза и/или кристаллы лейцита. Существуют однофазные и двухфазные материалы. К облицовочной относится однофазная аморфная керамика – силикатное **стекло**.

Также существует двухфазная облицовочная керамика, состоящая из стекла и лейцита, – силикатная **стеклокерамика**.

По составу такая облицовочная керамика относится к алюмосиликатному стеклу или, если она содержит лейцит, к алюмосиликатной **стеклокерамике**. Основная доля химического состава приходится на оксид алюминия и оксид кремния.

Состав материалов

Название «алюмосиликатное стекло» или «стеклокерамика» говорит о том, что основными компонентами облицовочной керамики являются оксид алюминия и оксид кремния, которые составляют основную структуру стекла.

Другими компонентами являются оксид калия, оксид натрия, оксид лития, оксид бора и оксид кальция. В табл. 2 показан состав облицовочной керамики с различными компонентами, наличие которых обуславливает индивидуальные свойства керамики: температуру обжига, точку стеклования (первое заметное размягчение при нагревании), качество поверхности и коэффициент теплового расширения (КТР).

Оксид	Массовая доля, %
SiO_2	55–75
Al_2O_3	5–15
K_2O	10–15
Na_2O	5–10
Li_2O	0–5
B_2O_3	0–5
CaO	0–1
+ наполнители и цветные пигменты	

Табл. 2

Производство

Сырье, необходимое для производства облицовочной керамики, взвешивается в необходимом количестве и гомогенизируется путем смешивания. Смесь состоит в основном из калиевого полевого шпата ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), откуда и происходит термин «полевошпатовая керамика», используемый в литературе. При необходимости в смесь добавляют другие компоненты: кварц (SiO_2), оксид натрия (Na_2O) или оксиды из табл. 2. Готовая смесь плавится в печи при температуре около 1500°C , а затем мгновенно охлаждается в резервуаре с водой. Этот процесс одинаков для всех составов керамики. В процессе плавления создается новая однородная масса, обладающая новыми свойствами, не имеющими ничего общего со свойствами исходных материалов (полевого шпата, кварца и различных оксидов).

Облицовочная керамика – однофазная система

Однофазная система – эта группа материалов состоит из одного компонента (одной фритты), обычно называемого стекляннй фриттой из-за отсутствия в ней кристаллических компонентов. КТР (25–500 °С) может составлять примерно $7\text{--}11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$.

Стекло в основном состоит из беспорядочной пространственной сетки, образованной тетраэдрами SiO_4 . Поэтому в техническом языке оксид кремния называется формирователем сетки. Остальные компоненты фритты (Na, K, В и т. д.) располагаются в сетке в промежутках между SiO_2 . Поскольку это приводит к расширению сети и изменению физических свойств, их называют модификаторами сетки.

Облицовочная керамика – двухфазная система

Это группа материалов, состоящих из двух компонентов (двух фритт), которые имеют существенно отличающиеся коэффициенты теплового расширения (КТР). Эта идея была запатентована в 1962 г. Вайнштейном. В принципе, металлокерамика мало изменилась и по сей день.

Первая фритта – стекляннй без кристаллических компонентов и с низким коэффициентом теплового расширения (как и однофазная система). Вторая фритта имеет чрезвычайно высокий КТР ($>20 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$). За счет состава материала образуются как стеклофаза, так и кристаллы лейцита (KAlSi_2O_6), которые обуславливают высокий КТР (лейцитовая фритта). Присутствующие кристаллы лейцита представляют собой вторую фазу вещества. Отсюда и название «двухфазная система».

Смешивание и гомогенизация стекляннй и лейцитовой фритт, а также последующая термообработка получившегося нового материала позволяют регулировать КТР готовой облицовочной керамики, например, стеклокерамики Duceram® Kiss.

Двухфазную облицовочную керамику также можно изготовить и из одной фритты с заданным составом и прошедшей термообработку. В этом случае рост кристаллов лейцита происходит непосредственно из стекляннй фритты благодаря необходимой направленной термической обработке. Это позволяет регулировать КТР готовой облицовочной керамики, например, стеклокерамики Duceragold Kiss.

Традиционная облицовочная керамика

Для придания желаемого цвета дентина добавляются пигменты – оксиды или цирконаты металлов. Способ производства определяет физические свойства традиционной (тугоплавкой) металлокерамики.

Типичные различия между этими двухфазными облицовочными керамиками:

Однокомпонентная фритта (рис. 4)	Двухкомпонентная фритта (рис. 3)
Маленькие кристаллы лейцита -> гомогенная микроструктура	Крупные кристаллы лейцита -> гетерогенная микроструктура
Более гладкая поверхность	Более грубая поверхность
Лучше полируется в полости рта	Хуже полируется в полости рта
Более высокая прочность на разрыв	Низкая прочность на разрыв

Благодаря очень хорошей однородности при умелом управлении обжигом можно устранить как трещины, произошедшие в результате возникновения напряжения при растяжении (быстрый обжиг), так и трещины, произошедшие в результате возникновения напряжения при сжатии (длительное охлаждение, применимо к Duceragold Kiss).

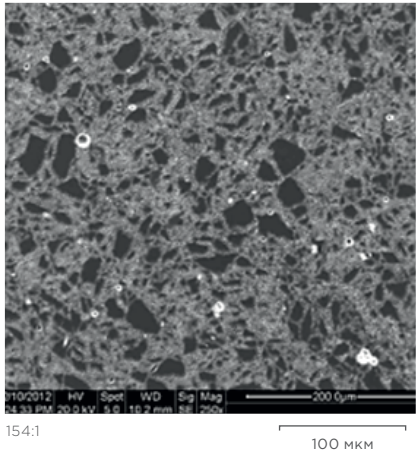


Рис. 4. Микроструктура системы одного наполнителя (Duceragold Kiss)

2. Объяснение коэффициента теплового расширения (КТР)

2.1 Общие понятия

В системе «металл-керамика» керамика должна соединяться со сплавом с небольшим сжимающим напряжением. Это означает, что керамика должна иметь несколько меньшее тепловое расширение, чем металлический сплав.

Традиционные сплавы от Au-Pt до Au-Pd и сплавы благородных металлов попадают в диапазон КТР приблизительно $13,8\text{--}15,4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25–600 °C). Тем не менее, большинство сплавов находятся в диапазоне $14,0\text{--}14,4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25–600 °C). В беседах с зубными техниками неоднократно выяснялось, что знание только показателя расширения (например, 14,0) всего лишь помогает определить, что КТР керамики должен быть несколько ниже, в то время как показатель физического расширения может быть указан как в 10^{-6}K^{-1} или мкм/(м•K).

Чтобы правильно оценить, работают ли вместе два материала системы «металл-керамика», необходимо точно знать, что стоит за числом 14,0, температурным диапазоном 20–600 °C, значением 10^{-6}K^{-1} или мкм/(м•K), и уметь использовать эти знания на практике.

КТР	25–600 °C	$14,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ или мкм/(м•K)
А	Б	В

- А) КТР
Линейный тепловой Коэффициент Термического Расширения. Обозначается в физике как α (альфа).
- Б) 25–600 °C
Определяет температурный диапазон, для которого определен КТР. КТР с другим диапазоном температуры, например, 25–500 °C, не соответствует КТР 25–600 °C.

КТР следует сравнивать только в одних и тех же температурных диапазонах. По историческим причинам КТР 600 все еще часто относится к сплавам и ассоциируется с КТР 500 для облицовочной керамики.

В различных литературных источниках упоминается КТР 400 или КТР 550. В этих случаях расширение измерялось при комнатной температуре и, соответственно, при 400 или 550 °C, и оно не сопоставимо с КТР 25–600 °C.

В) $14,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ или $\text{мкм}/(\text{м} \cdot \text{K})$

14,0 – это значение, полученное с помощью dilatометра (прибора для измерения теплового расширения). Оно описывает среднее изменение длины материала на примере тела длиной 1 метр при повышении температуры на 1°C . Данную единицу можно представить как 10^{-6}K^{-1} или как $\text{мкм}/\text{м} \cdot \text{K}$. С технической точки зрения предпочтительна спецификация 10^{-6}K^{-1} , которую можно найти в стандартах и большинстве публикаций.

мкм – микрометр ($1000 \text{ мкм} = 1 \text{ мм}$)

м – метр

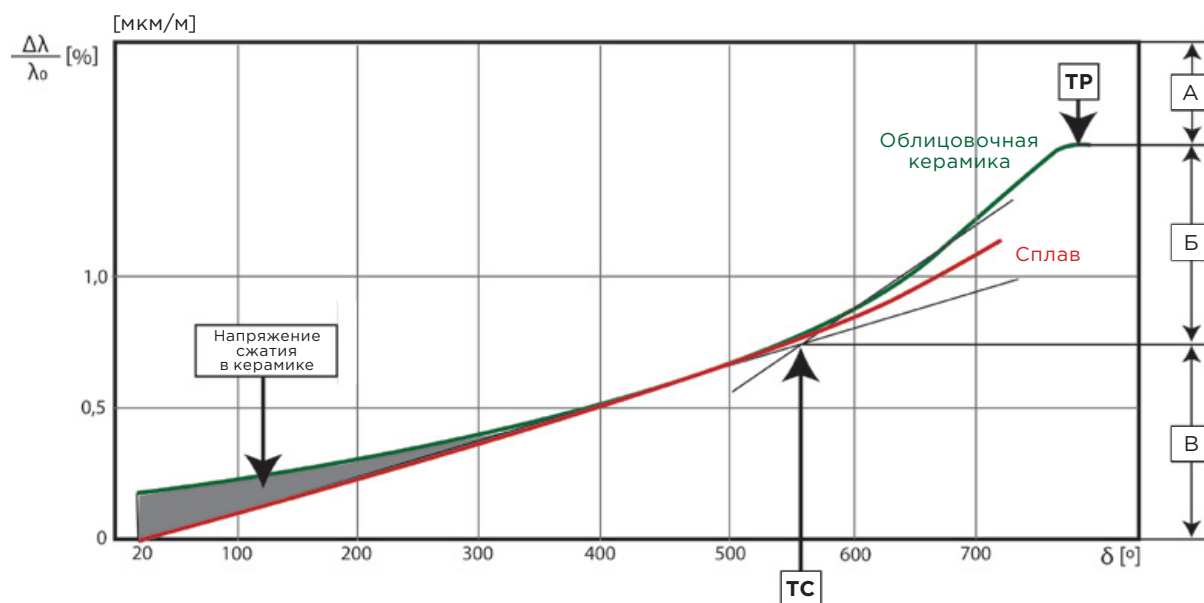
К – Кельвин, единица измерения температуры, сравнимая с $\text{K} + ^\circ\text{C}$, но относящаяся к абсолютной температуре.

Пример

При повышении температуры на 1°C стержень длиной 1 м удлиняется на 14,0 мкм. При температуре 600°C , что соответствует разнице с комнатной температурой в 580°C , стержень длиной 1 м удлинится на $580 \times 14,0 \text{ мкм} = 8120 \text{ мкм}$. $8120 \text{ мкм} = 8,12 \text{ мм}$. Конечная длина стержня длиной 1 м увеличится до 1,00812 м при 600°C . Увеличение исходной длины в процентах составит 0,812%.

2.2 Кривая теплового расширения

Если посмотреть на линейное тепловое расширение в двух точках, например, при 25 и 600°C , можно увидеть, что на графике их соединяет прямая линия, т. к. тепловое расширение металлических сплавов приближается к прямой. Однако характер расширения стеклообразного/стеклокерамического тела иной. График расширения стекловидного/стеклокерамического материала близок к S-образной кривой, которая характеризуется двумя точками: областью стеклования (**точка стеклования – ТС**) и областью размягчения (**точка размягчения – ТР**). Это физические параметры, предоставляющие информацию о поведении и об обработке материала.



На первой части кривой до **ТС** наблюдается почти равномерное линейное расширение облицовочной керамики. От **ТС** (точка стеклования) до **ТР** кривая расширения более крутая. Максимум расширения достигается при **ТР** (точке размягчения), которая находится выше 700°C . Выше температуры **ТР** расширение переходит в усадку, так как оседание керамики за счет собственного веса происходит быстрее, чем увеличение длины за счет более значительных молекулярных колебаний.

Кривая теплового расширения характеризуется следующими агрегатными состояниями (см. рис. 5):

- а) выше **ТР** – керамика мягкая и имеет медоподобное состояние, вязкость очень низкая;
- б) между **ТС** и **ТР** – самой крутой частью кривой – керамика имеет высокую вязкость, но она остается упругой и пластичной;
- в) ниже **ТС** – керамика является абсолютно твердой и уже обладает своими специфическими свойствами. Она больше не является вязкой и, следовательно, больше не деформируется.

Пример

Для иллюстрации зависимости облицовочной керамики от температуры хорошо подходит мед, который в сиропообразной форме находится в точке размягчения (**ТР**), а в кристаллизованной форме находится в области ниже точки стеклования (**ТС**). При медленном нагревании кристаллического меда с течением времени достигаются состояния смешивания, которые соответствуют агрегатным состояниям между **ТС** и **ТР** в облицовочной керамике.

Следует учитывать процесс обжига и последующее охлаждение керамики. На практике при обжиге коронки и моста при температуре от 780 до 950 °С керамика имеет очень низкую вязкость, которая обеспечивает хорошую смачиваемость сплава. Кроме того, низкая вязкость керамики означает, что она плотно прилегает к металлу и при остывании без напряжений повторяет все деформации своего более прочного металлического партнера вплоть до **ТР**.

Между **ТР** и **ТС**, а также выше **ТС** облицовочная керамика в значительной степени адаптируется к металлу, независимо от теплового расширения двух материалов. При этом не создается значимых напряжений для связи в системе «металл-керамика».

Ниже **ТС** облицовочная керамика является жесткой и прочной и следует своей собственной физической закономерности теплового расширения независимо от соединения с металлом. С несовместимыми металлами возникают напряжения, которые превышают прочность облицовочной керамики и приводят к ее растрескиванию.

Практически любая металлокерамика, независимо от производителя, при определенной температурной обработке изменяет тепловое расширение в сторону увеличения (максимум до $2,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$), например, во время пайки в печи. Для обычной металлокерамики с высокой температурой плавления максимальная кристаллизация происходит около 850 °С, что очень часто соответствует диапазону температур пайки. Соответственно, следует использовать припои с другими рабочими температурами.

2.3 Кристаллизация и изменение КТР

Облицовочные металлокерамические массы состоят из стеклофазы и кристаллической фазы. Данная кристаллическая фаза состоит из кристаллов лейцита (KAlSiO_4), которые присутствуют в дендритной (папоротниковой) структуре. Эти папоротниковидные ответвления кристаллов лейцита способны расти при определенных температурно-временных условиях во всех традиционных металлокерамических материалах. При других температурных условиях этот рост носит обратимый характер.

Рост кристаллов лейцита в металлокерамике достигается за счет максимальной фазы кристаллизации в соответствующем конкретном диапазоне температур. Для Duceragold Kiss это около 780 °С, для традиционной облицовочной керамики Duceram Kiss – около 850 °С. При этих температурах вязкость (внутренняя прочность) стеклофазы облицовочной керамики настолько низка, что кристаллы лейцита могут продолжать свой рост.

При отклонении от этих температур кристаллизации могут возникать другие эффекты:

- при более низкой температуре (ниже температуры кристаллизации) вязкость стекланной фазы настолько высока, а стекло настолько прочное, что химические компоненты (KAlSiO_4) не могут встретиться для образования кристаллов;
- при более высокой температуре (выше температуры кристаллизации) стекланная фаза имеет настолько низкую вязкость и активность в растворе, что химические партнеры по образованию кристаллов поглощаются стекланной фазой, и, таким образом, кристаллы могут растворяться.

Так как КТР и температура обжига взаимосвязаны, возможно увеличить расширение облицовочной керамики (рост кристаллов лейцита) в зависимости от типа печи для обжига и/или специальными параметрами обжига. Тепловым расширением можно управлять настолько, что можно привести КТР сплава и КТР облицовочной керамики к оптимальному соотношению (КТР керамики несколько ниже КТР сплава), что гарантирует наибольшую стабильность и предотвращает возникновение напряжений. Повышение КТР облицовочной керамики достигается проведением этапа замедленного охлаждения или томления после обжига, начиная от конечной температуры обжига (практическое правило 60–100°C!). На практике в этом температурном диапазоне хорошо себя зарекомендовало время выдержки около 3–5 мин.

3. Образование напряжений в керамике

Предпосылки:

- два материала с различными коэффициентами теплового расширения;
- материалы должны быть твердыми при комнатной температуре;
- материалы должны быть прочно соединены друг с другом.

Напряжение сжатия в керамике возникает в случае, если ее КТР меньше КТР сплава. Трещины из-за напряжения сжатия возникают, когда КТР керамики значительно ниже КТР сплава и разница напряжений сплава и керамики после остывания облицованного каркаса слишком велика. Такие трещины характерно расположены по касательной к каркасу, преимущественно в области режущего края и базально на промежуточных элементах.

Устранение трещин из-за напряжения сжатия

- Повторный обжиг дентина (размягчение керамики) с последующим томлением и/или длительным охлаждением.



Рис. 6

Напряжение растяжения в керамике возникает, когда ее КТР больше КТР сплава или очень близок к нему. Трещины из-за напряжения растяжения возникают, если разница КТР керамики и сплава после охлаждения слишком велика. Они располагаются хаотично по всей поверхности (так называемые трещины кракле). Следует избегать напряжения растяжения, т. к. для большинства керамических материалов они необратимы.

Устранение трещин из-за напряжения растяжения

- Возможно только для некоторых керамик.
- Быстрый обжиг: повторный обжиг дентина (размягчение керамики) с быстрым охлаждением.



Рис. 7

Общий ориентир соотношения КТР в облицовочной системе:

КТР облицовочной керамики < КТР сплава.

4. Металлокерамическая система

Историческая справка

Первые попытки обжига фарфора на золоте принадлежат дантисту Фошару (1733 г.). Его эксперименты не увенчались успехом, в частности, из-за отсутствия возможности регулировать и контролировать характеристики теплового расширения керамики. Адгезия между металлом и керамикой также была слишком слабой. Сегодня отсутствие регулировки КТР и слабая адгезионная связь по-прежнему являются наиболее частыми причинами разрушения металлокерамических реставраций.

В 1930-х гг. была разработана технология с использованием платины или платиноиридия в качестве каркасного материала, которая не смогла себя положительно зарекомендовать. После 1945 г. началась новая эра техники «фарфор на золоте». В США были разработаны технологии Permament, Microbond, Ney-Oro и Jelenko-Ceramo, а в Германии – Degudent VMK (первая в мире металлокерамическая система от компаний Degussa и Vita) и Biodent-Herador (от компаний Detrey/Dentsply и Heraeus), представленные в 1964 г. Они были основаны на патенте Вайнштейна, описывающем двухфазный керамический материал – стеклокерамику, которая не претерпела принципиальных изменений вплоть до сегодняшнего дня.

4.1 Основные сведения

Надежность соединения металлокерамических систем в стоматологии зависит от множества факторов, на большинство из которых зубной техник может оказать существенное влияние. Основными из них являются:

- **распределение напряжений в системе:**
 - ▶ разница между КТР различных материалов;
 - ▶ упругие свойства используемых материалов (металлы и керамика);
 - ▶ геометрия (размер материалов, форма и т. д.).
- **сила соединения «металл-керамика»:**
 - ▶ механическая связь;
 - ▶ химическая связь.

4.2 Распределение напряжений в системе

Как правило, металлы одинаково выдерживают нагрузки как из-за напряжений растяжения, так и из-за напряжений сжатия. Однако с керамическими материалами дело обстоит иначе – их прочность на сжатие примерно в 10 раз превышает их прочность на растяжение.

При выборе конструкции и использовании керамических материалов необходимо избегать напряжений растяжения. Возможным техническим решением являются металлокерамические конструкции, благодаря металлу позволяющие использовать керамику при небольшом напряжении сжатия (как, например, использование предварительно напряженного бетона в строительстве).

Использование предварительного напряжения также зарекомендовало себя в стоматологических металлокерамических системах. Предварительное напряжение создается в виде напряжения сжатия за счет использования различных значений КТР для металла и керамики. В идеале у сплава всегда более высокий КТР, чем у облицовочной керамики. Соответственно, при охлаждении сплав сжимается сильнее облицовочной керамики и подвергает ее напряжению сжатия.

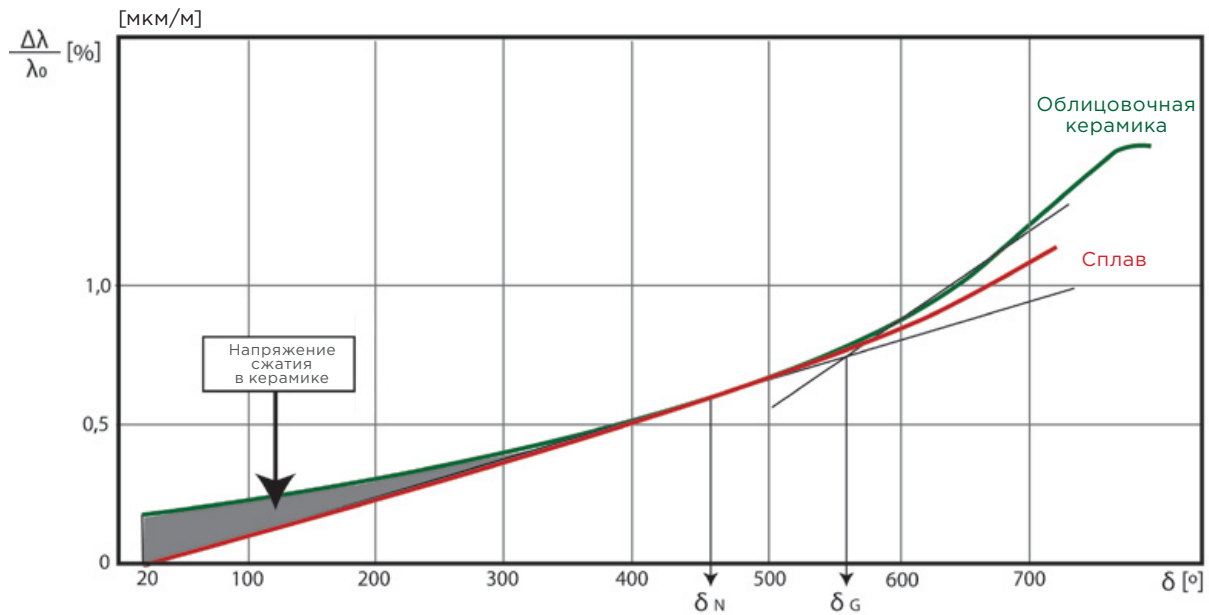


Рис. 8

В дополнение к разнице между КТР сплава и облицовочной керамики напряжение сжатия также зависит от модуля упругости сплава и очень сильно зависит от геометрии облицованной коронки. На рис. 9 показано сечение облицованной коронки и распределение напряжений. Распределение напряжений на небольшом участке аналогично всей площади облицованной реставрации, независимо от того, коронка это или мост.

Возникающие напряжения зависят от:

- разницы между КТР различных материалов;
- упругих свойств используемых материалов (металлы и керамика);
- геометрии (размеры материалов, формы и т. д.).

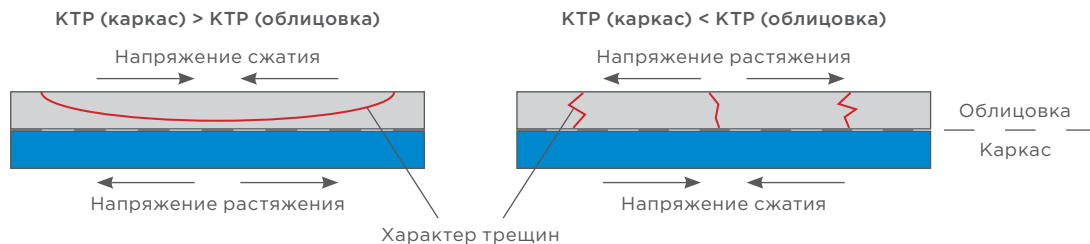


Рис. 9. Фрагмент системы «металл-керамика»

Не существует оптимальной разницы между КТР металла и КТР керамики, так как напряжение всегда должно рассматриваться индивидуально в зависимости от геометрии и модуля упругости. Из рис. 8 и 9 также можно сделать вывод, что КТР опак, дентина и режущего края могут и должны различаться.

Безопасность облицовочной керамической системы не может быть оценена исключительно на основе КТР используемых материалов. Это понятие должно включать в себя обширные прикладные инженерные исследования с проведением термоциклических испытаний.

Другие факторы, влияющие на распределение напряжений:

- острые углы и края каркаса;
- количество обжигов и температура каждого обжига керамики;
- КТР всех используемых припоев;
- процесс пайки после обжига;
- лазерная пайка на металлическом каркасе.

4.3 Прочность адгезии металла и керамики

Понятие «адгезионный оксид» появилось в начале 1960-х гг., когда при разработке металллокерамических систем выяснилось, что добавление неблагородных окисляемых легирующих элементов в сплавы AuPt не только повышает их прочность, но и улучшает адгезию между сплавом и керамикой. Для этого было проведено большое количество исследований, специально разработанных, адаптированных или заимствованных из других областей (например, эмалирования металлов).

Эти испытания позволили лучше понять факторы, влияющие на соединение металла с керамикой:

- испытание на отрыв;
- испытание на изгиб (тест Дорна);
- испытание на сдвиг (тест Шмитца-Шульмейера);
- испытание на отрыв/разрыв в соответствии с ISO 9693-1 (тест Швикерата).

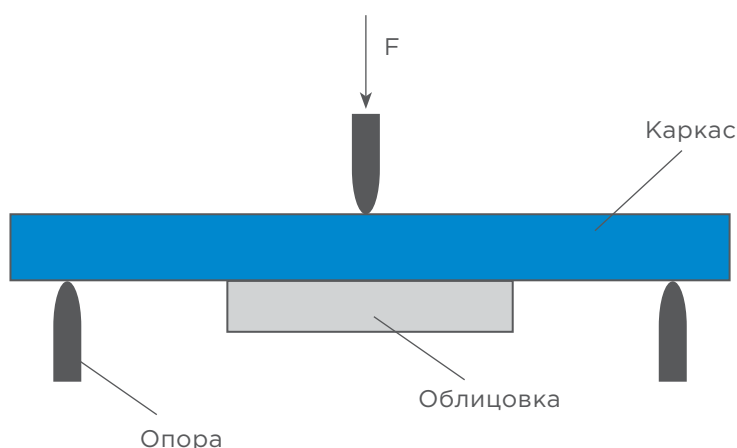


Рис. 10. Прочность на отрыв/разрыв согласно ISO 9693-1

Наиболее важными факторами **металлокерамического соединения** являются:

а) Механическая адгезия

Обуславливается шероховатостью поверхности металлического каркаса и оказывает значительное влияние на адгезию керамики. Перед керамической облицовкой поверхность металлического каркаса необходимо подвергнуть пескоструйной обработке. Общая рекомендация: для сплавов из благородных металлов – песок из оксида алюминия 110 мкм при давлении 2 бар, для неблагородных сплавов – 250 мкм при 3–4 бар. На рис. 12–13 на стр. 17 показана разница в обработке поверхности сплава и, следовательно, механического сцепления металла с керамикой после обработки песком в 50 и 110 мкм.

б) Химическая адгезия

В зависимости от сплава химическая составляющая адгезии может быть незначительной. При обжиге химическая связь между металлом и керамикой создается соединениями оксидов на поверхности сплава и оксидными компонентами опака. В химии существуют различные типы связей. В порядке уменьшения прочности – это ковалентная связь, ионная связь и силы Ван-дер-Ваальса. В адгезии металллокерамики всегда играют роль различные силы и связи.

При обжиге керамики на сплавах всегда образуется достаточное количество поверхностных оксидов, поэтому оксиды, возникающие при проведении оксидного обжига, перед облицовкой должны быть удалены пескоструйной обработкой (110 мкм, 2 бар) или травлением (Neacid®).

Рекомендуемая подготовка поверхности

- Всегда подвергать пескоструйной обработке!
- Всегда оксидировать!
- Лучше всего после этого отпескоструить или протравить еще раз!

4.4 Причины появления трещин и сколов

Во многих случаях причины повреждений керамической облицовки выясняются достаточно просто. Например, видимые следы фрезы на поверхности сплава обычно являются однозначным признаком недостаточности обработки поверхности металла.

Наиболее распространенные причины сколов и трещин включают в себя:

- несовместимые КТР металла и керамики;
- металлический каркас слишком тонкий;
- слой керамической облицовки слишком толстый;
- конструкция каркаса в целом (изменяющиеся сечения, острые края и пр.);
- неправильное охлаждение после обжига;
- пайка;
- кайма из пузырьков, вызванная углеродом и/или обработкой поверхности.

5. Обжиг керамики

Для облицовочной керамики необходимы следующие виды обжига:

1. Оксидный обжиг

Как функция очистки и контроля.

2. Обжиг опака

Обжиг опака для перекрытия поверхности сплава и создания химико-механической связи (обычно проводится дважды).

3. Обжиг дентина

Для создания естественной формы зуба (можно проводить несколько раз).

4. Глазуровочный обжиг

Проводится с глазурью и без. Обеспечивает гладкую и однородную поверхность, а также сводит к минимуму накопление налета.

5.1 Программа обжига включает в себя следующие параметры:

Начальная температура/фаза предварительной сушки

Проводится сушка смоделированной работы (т. е. моделировочная жидкость или основа пасты высыхают и воздух заменяет ее между частицами керамики). Печь для обжига остается открытой, чтобы жидкость могла испариться. Температура должна быть около 130 °С.

Время предварительной сушки

Определяется таким образом, чтобы могла высохнуть вся влага, и зависит от количества керамики. Продолжительность от 2 до 7 мин.

Время закрытия

Описывает плавный переход между предварительной сушкой и предварительным нагревом.

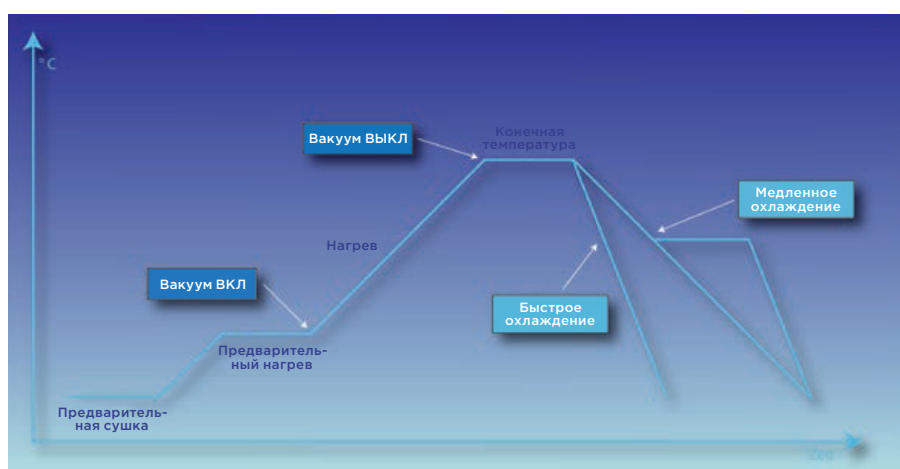
Фаза предварительного нагрева

Обжигаемый объект равномерно нагревается и доводится до температуры предварительного нагрева. Органические красящие пигменты (например, дентин – розовый, режущий край – синий) выгорают. Важно, чтобы температура не превышала ТС (температуру стеклования). Затем создается вакуум для откачки воздуха из камеры печи и промежутков между частицами керамики.

Слишком высокая температура предварительного нагрева или слишком позднее начало вакуумирования приводят к спеканию, при котором воздух не удаляется и остается в керамике. Пузырьки воздуха иначе преломляют свет, поэтому цвет керамики становится светлее (эффект «снега»).

Слишком низкая температура предварительного нагрева: органические компоненты жидкостей для смешивания и/или пастообразных опалов не удаляются полностью. В результате керамика становится полосатой, непрозрачной или серой.

5.2 Общая схема обжига



Вакуумирование

Вакуум необходим для удаления воздуха из пространств между частицами керамики, образующихся в результате испарения моделировочной жидкости. Момент создания вакуума играет решающую роль для оттенка и прозрачности облицовываемого изделия. Полный вакуум должен быть обеспечен до этапа повышения температуры. Начало вакуумирования определяется температурой стеклования керамики. Завершение вакуумирования приходится на момент достижения температуры обжига.

Скорость нагрева

Повышение температуры сплавов и керамики, выраженное в °С/мин.

Конечная температура или температура обжига

После достижения конечной температуры обжига вакуум выключается. В зависимости от типа печи она поддерживается в течение 1–2 мин. В течение этого времени керамическая поверхность обжигается до гладкого состояния. Конечная температура обжига определяется типом керамики.

Длительное охлаждение

С помощью фазы охлаждения можно контролировать КТР керамики и ослабить напряжения в металлокерамической системе. При длительном охлаждении напряжения, вызванные разницей температур внутри керамики или между керамикой и каркасом, могут быть снижены еще сильнее за счет более длительного периода охлаждения (релаксации). Такое охлаждение часто используется при облицовке неблагородных металлов, т. к. их модуль упругости (~200 ГПа) обычно больше, чем у облицовочной керамики и сплавов с высоким содержанием золота (~100 ГПа). В зависимости от КТР и модуля упругости используемого сплава для каркаса в процесс обжига дентина и глазури необходимо добавить этап длительного охлаждения или томления. Этап томления может сочетаться с длительным охлаждением.

Томление и замедленное охлаждение

Томление

Томление стоматологической керамики – после этапа обжига при конечной температуре облицованную реставрацию выдерживают некоторое время при определенной температуре. Это позволяет увеличить КТР (коэффициент теплового расширения) керамики за счет формирования или роста кристаллов лейцита в керамике. Таким образом, керамика лучше адаптируется к сплаву, что предотвращает усиление напряжения сжатия.

Замедленное охлаждение

Охлаждение происходит медленнее, для того чтобы температуры каркаса и керамики снижались с минимально возможной разницей, благодаря чему напряжения в облицовочной керамике сводятся к минимуму. Также уменьшается неблагоприятное напряжение растяжения, которое может возникнуть из-за слишком толстых слоев облицовочной керамики, предотвращая сколы (chipping).

5.3 Проведение обжига/энергетический баланс

Обжиг керамики осуществляется по принципу энергетического баланса (количества энергии), который обуславливается **временем** (время нагрева+время выдержки) и **температурой**. В зависимости от типа сплава эти факторы могут изменяться в определенных пределах для достижения воспроизводимости результатов обжига.

Пример

Если температура обжига занижена, необходимо попытаться достичь адекватного энергетического баланса за счет более длительного времени выдержки или более низкой скорости нагрева. Более короткое время выдержки может быть компенсировано более высокой температурой обжига или более низкой скоростью нагрева. Цель состоит в том, чтобы результат обжига всегда был оптимальным и воспроизводимым.

6. Ошибки и их устранение

Следующая глава посвящена теме устранения ошибок. Вопрос, которым необходимо задаться: о какой ошибке свидетельствует дефект и что я могу изменить, чтобы она не повторилась?

При изготовлении реставраций с керамической облицовкой могут возникать следующие дефекты:

- трещины;
- разрывы;
- сколы (chipping);
- проблемы с цветом;
- пузыри;
- пористость.

6.1 Трещины

Существуют различные причины возникновения напряжений в керамике, которые могут привести к появлению трещин:

- КТР;
- температура.



Трещины в облицовочной керамике протяженного металлокерамического мостовидного протеза

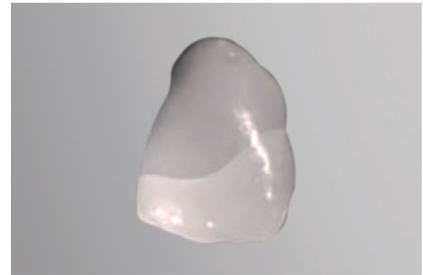
Причины, обусловленные КТР

Напряжения, обусловленные КТР, возникают из-за неправильно подобранного сплава или из-за неправильного обжига. Последствия:

- трещины из-за напряжения сжатия;
- трещины из-за напряжения растяжения.

Трещины из-за напряжения сжатия

- Идут по касательной к каркасу, прежде всего в области режущего края и промежуточных единиц.
- Вызваны чрезмерным напряжением сжатия, которое возникает, когда КТР керамики значительно ниже КТР сплава.



Пути решения

Не обрабатывая реставрацию, провести еще раз обжиг на программе обжига дентина с этапом томления.

Томление: керамика подвергается термообработке в закрытой камере печи в течение 3-5 мин.

При такой температурной обработке КТР увеличивается из-за роста лейцита, и напряжение сжатия снижается до уровня, соответствующего сплаву.

Трещины из-за напряжения растяжения

- Хаотично расположенные трещины (кракле).
- КТР керамики **выше** КТР сплава.



Пути решения

Обжиг по так называемой быстрой программе. Следует отметить, что такой обжиг подходит не для любой керамики. Обратите внимание на инструкции по использованию.

Программа быстрого обжига используется при первом обжиге дентина. Ее отличие состоит в том, что скорость повышения температуры составляет $-100^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ и не используется замедленное охлаждение.

Температурные причины

Трещины из-за локального термического перегрева, например, в результате чрезмерного контактного давления при шлифовке или полировке реставрации.



Слишком большое контактное давление при шлифовке мостовидного протеза

6.2 Разрывы

Усадка при обжиге обычно является основной причиной появления разрывов керамики. Она может быть вызвана следующими факторами:

- недостаточная плотность керамики;
- неправильная моделировочная жидкость;
- слишком влажная керамика;
- неправильная сепарация;
- неправильное время предварительного нагрева.



Трещины между единицами протеза из-за усадки керамики при обжиге

6.3 Сколы (chipping)

Причиной сколов керамики могут быть следующие факторы:

- адгезионное соединение;
- напряжения, обусловленные КТР;
- температурные причины.



Рис. 11. Коронка VMK со сколотой керамикой

Адгезия

Сколы из-за недостаточной силы сцепления были вызваны:

- неправильной подготовкой поверхности.

о Решения

- Пескоструйная обработка.
- Оксидирование.
- Пескоструйная обработка и протравливание.

Неправильно

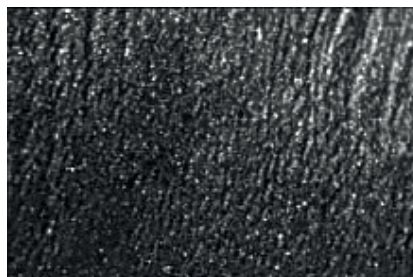


Рис. 12. Поверхность обработана Al_2O_3 50 мкм

Правильно

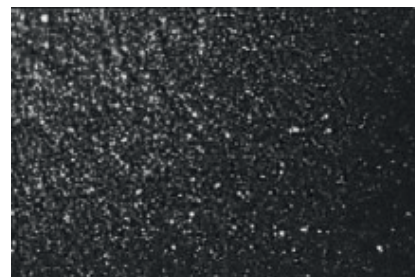


Рис. 13. Поверхность обработана Al_2O_3 110 мкм, 2 бар

- Неправильный обжиг

о Решения

- Замедленное охлаждение (да/нет).
- Обжиг с учетом КТР сплава.
- Обжиг опака.

КТР как источник напряжений

Сколы могут возникать и в результате трещин в керамике.

Обычно это происходит из-за неправильного обжига.

о Решение

- Обратите внимание на КТР сплава и правильность параметров обжига.

Температурные причины

Сколы при температурном воздействии были вызваны локальным перегревом (при шлифовке, полировке и т. д.).

о Решение

- Избегайте локального перегрева.

Механические причины

- Недостаточные размеры каркаса.

о Решение

- Достаточная толщина стенок коронки и промежуточного элемента.

- Острые края и углы каркаса.

о Решение

- Избегайте острых углов и краев при моделировании каркаса.

6.4 Проблемы с цветом

Если полученный цвет реставрации неудовлетворителен, причину возникновения этой проблемы обычно необходимо искать в следующем:

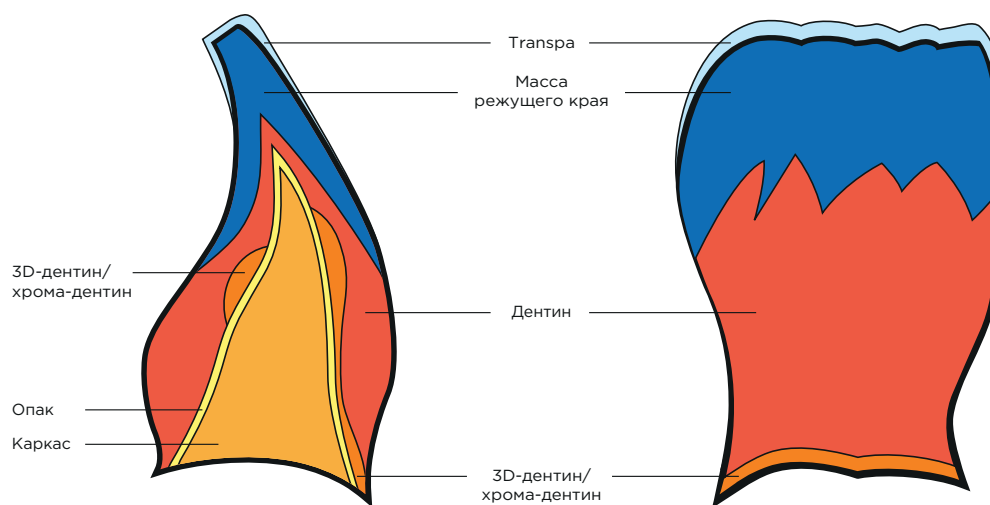
- ошибки в нанесении слоев керамики;
- ошибки в параметрах обжига;
- проблемы с печью.

Ошибка нанесения слоев реставрации

- Неправильное нанесение слоев (например, из-за слишком толстого/тонкого режущего края).

о Решение

- Принять во внимание схему нанесения слоев ниже.



Примерная схема нанесения слоев, которая может отличаться в зависимости от керамики

Ошибки параметров обжига

- Еще одной причиной проблем с цветом являются ошибки обжига. Недостаточный обжиг приводит к потере прозрачности, и керамика выглядит мутной, имея молочный оттенок.

о Решение

- Увеличьте конечную температуру и проверьте время выдержки.

Проблемы с печью

- Проблемы с печью также сильно влияют на цвет керамики.

о Возможные причины:

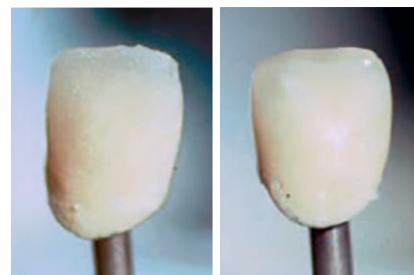
- печь не воспроизводит заданные параметры обжига;
- проблемы с вакуумом.

а) Результаты обжига

- Каждая печь обжигает по-своему, поэтому вы можете быть не удовлетворены результатами, даже если проводили обжиг в соответствии с инструкцией.

о Решения

- Пробный обжиг.
- Оптимизация программы обжига.



Недостаточный обжиг керамической коронки (слева) и избыточный обжиг (справа)

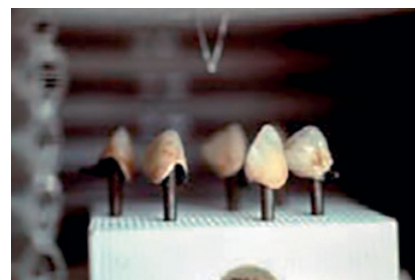
Кроме того, неправильное размещение обжигаемого объекта в камере печи может привести к изменению его цвета или к дефектам керамики.



Результат обжига при неправильном размещении в печи. В результате керамика может быть недостаточно обожжена. Объект для обжига должен всегда располагаться в одном и том же месте



Результат обжига при размещении обжигаемого объекта в непосредственной близости к стенке камеры печи. При определенных обстоятельствах керамику можно пережечь



Различные результаты обжига из-за полного заполнения лотка для обжига. При определенных обстоятельствах это может привести к недостаточному обжигу керамики

Следует соблюдать примечания к программе обжига, если за один цикл обжигается более 5 изделий.

б) Проблемы с вакуумом

Очень важно, чтобы вакуумный насос работал правильно.

Если не достигается полный вакуум, коррекция с помощью изменения температуры обжига невозможна.

- Задана слишком высокая температура для старта вакуума или насос запущен слишком поздно.

о Решение

- Снизить температуру старта вакуума.

- Вакуумный насос работает слишком медленно.

о Решение

- Проверьте вакуумный насос.

6.5 Пузыри

Пузыри обычно возникают из-за образования газа.

Этому могут способствовать различные причины:

- неправильная подготовка поверхности каркаса;
- ошибка обжига;
- загрязнение;
- некачественный сплав;
- ошибка изготовления;
- пористость.



Обработка поверхности каркаса

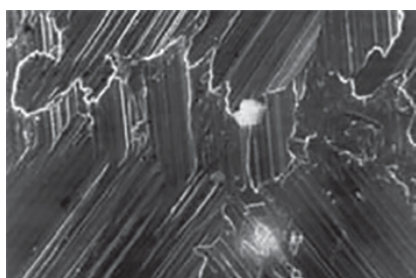


Фото под электронным микроскопом поверхности и среза каркаса, обработанного крест-накрест. Камни с керамической крошкой также могут быть причиной перекрытий. На фото среза каркаса хорошо видны включения воздуха

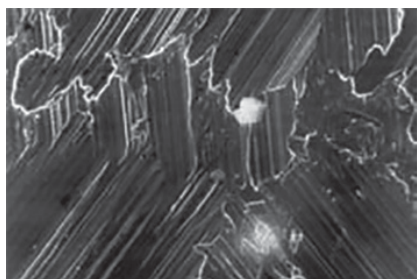


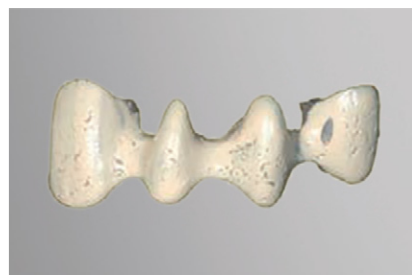
Фото под электронным микроскопом поверхности и среза каркаса, обработанного **тупым** инструментом с чрезмерным давлением. Это также может служить причиной образования перекрытий. На фото среза четко видно, как такие перекрытия приводят к образованию пузырей в керамике

Ошибка обжига

Неправильный выбор температуры предварительного нагрева или времени предварительной сушки приводит к появлению трещин и пузырей при обжиге опала. Они могут проникнуть сквозь керамику во время дальнейшего обжига и вызвать пузыри в дентине и режущем крае.

о Решение

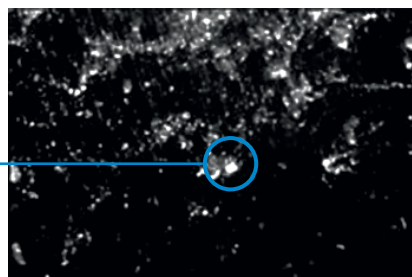
- Правильное время предварительной сушки.



Загрязнения

Загрязнения металла могут быть вызваны неправильно выбранными инструментами (камни, алмазный инструмент, тупые фрезы), а также недостаточной пароструйной обработкой каркаса.

Остатки Al_2O_3 также могут вызывать образование пузырей



Из-за посторонних веществ и загрязнений на сплаве или в керамике могут образовываться пузыри.

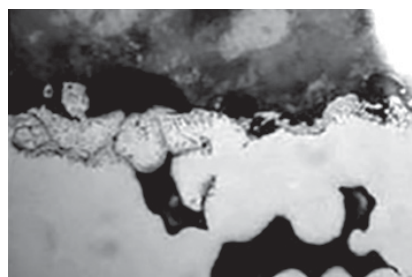
о Решения

- Работайте в чистом помещении.
- Соблюдайте требования по обработке материалов.



Некачественный сплав

Фотография лунок под увеличением ($\times 700$), на которой четко видны полости и каналы. По ним включенные накопленные газы могут подниматься в керамику во время обжига.



Ошибки при работе с керамикой

Пузыри также возникают из-за ошибок при работе с керамикой, когда:

- в слой керамики попадает воздух;
- керамика загрязнена;
- opak нанесен слишком толстым слоем.

• **Решение**

- Соблюдайте инструкцию по работе!

Пористость

Основной причиной пористости керамики является ее недостаточный обжиг.

Это может быть вызвано двумя разными факторами.

- Недостаточный обжиг.

• **Решение**

- Повысить температуру обжига.

- Недостаточный вакуум.

• **Решение**

- Проверить вакуум и печь.

6.6 Рекомендации по работе с пастообразными опакми

Основные рекомендации по работе с пастообразными опакми.

1. После очистки струей пара поверхность каркаса должна быть абсолютно сухой.
2. Кисть для пастообразного опакма не должна соприкасаться с водой.
3. Каркас не должен быть теплее комнатной температуры (учитывайте, что струя пара повышает температуру каркаса!)
4. Нанесите пастообразный opak не слишком толстыми слоями → ведет к образованию пузырей.
5. Температура предварительной сушки не должна быть слишком низкой или слишком высокой → opak окажется недосушенным или пересушенным.
6. Достаточное время предварительной сушки (не менее 3 мин.) на столике для обжига вне камеры печи. Температура объекта для обжига не должна превышать 120 °C.
7. Слишком продолжительная предварительная сушка также приводит к образованию трещин!
8. Столик для обжига не должен быть горячее, чем 120 °C (сразу после обжига это не так!)
9. Во время предварительного нагрева каркас не должен нагреваться сильнее пасты, например из-за тепла, идущего снизу, или если столик для обжига слишком горячий.
10. Соблюдайте инструкции по работе с материалами.

7. Оксид циркония в качестве каркасного материала

В последние годы оксид циркония стал незаменимым компонентом цельнокерамических коронок и мостовидных протезов. Это стало возможно благодаря разработке ориентированных на применение в зуботехнической лаборатории методов обработки диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия.

Диоксид циркония (далее – оксид циркония), а точнее Y-TZP (тетрагональный поликристаллический диоксид циркония (ZrO_2), стабилизированный оксидом иттрия (Y_2O_3)), бесспорно обладает самой высокой прочностью на излом и лучшей вязкостью разрушения среди стоматологической керамики, доступной сегодня. Этот материал подходит даже для протяженных реставраций жевательной группы зубов. Хотя Y-TZP уже давно используется в медицине как материал для изготовления протезов тазобедренных суставов, было необходимо преодолеть ряд препятствий, прежде чем керамика могла быть эффективно использована в стоматологии.

Изначально была предпринята попытка обработки оксида циркония в полностью спеченном состоянии. Однако чрезвычайная прочность материала требовала больших механических усилий и длительного времени обработки. Команда под руководством профессора Д. Людвига Гауклера (высшая техническая школа Цюриха) разработала процесс, с помощью которого стала возможна обработка оксида циркония в предварительно спеченном состоянии. Благодаря этому в сотрудничестве с группой стоматологов во главе с профессором доктором Петером Шерером (университет Цюриха) была создана система DCM (Direct Ceramic Machining – прямая обработка керамики), открывшая перспективу экономичного изготовления в зуботехнической лаборатории коронок и каркасов мостовидных протезов.

На основе этого компанией Degussa Dental GmbH (сегодня DeguDent GmbH/Dentsply Sirona), которая в тесном сотрудничестве с двумя рабочими группами из Цюриха приобрела права на процесс DCM, была разработана система Cercon. Точность прилегания была значительно улучшена за счет собственных разработок аппаратного и программного обеспечения для сканирующего и фрезерующего станка (Cercon brain) и новой облицовочной керамики (Cercon ceram S, Cercon ceram Kiss, Cercon ceram love), специально разработанных для каркасов Y-TZP на основе диоксида циркония.

7.1 Долгосрочное перспективное клиническое исследование функциональных возможностей мостовидных протезов Cercon жевательных зубов на 3 и 4 единицы Rödiger M., Wehle J., Rinke S., Hüls A. Göttingen (2005 г.)

Цель

Оксид циркония приобретает все большее значение в стоматологии, особенно для удовлетворения потребности в повышенной прочности мостовидных протезов жевательной группы зубов. Этот материал обрабатывается многими системами CAD/CAM и CAM, в том числе системой Cercon фирмы DeguDent. Целью исследования была оценка долгосрочного клинического прогноза мостовидных протезов жевательных зубов из цельной керамики Cercon на 3 и 4 единицы, зацементированных традиционным образом. В первую очередь изучались следующие аспекты: 1) прочность каркасной керамики, 2) срок службы облицовочной керамики и 3) применимость традиционного способа цемментирования.

Материалы и методы

С января 2001 г. по февраль 2005 г. 68 пациентам были установлены 84 мостовидных протеза на 3 и 4 единицы. 46 мостовидных протезов (группа А) были облицованы экспериментальной облицовочной керамикой. С начала 2002 г. 38 мостовидных протезов (группа В) были облицованы керамикой Cercon ceram S. Все реставрации были цементированы цинк-фосфатным цементом. Стандартизированная клиническая оценка проводилась каждые 6 месяцев в соответствии с частично модифицированными критериями CDA. Среднее время наблюдения составило 32 месяца.

Результат

Разрушений каркаса не наблюдается. В 6 случаях группы А имелись трещины и сколы облицовочной керамики, которые могли быть зашлифованы. Потеря ретенции произошла в 7 случаях. В 5 случаях успешно проведено повторное цемментирование. В 2 случаях (группа А) расшатывание стало причиной вторичного кариеса, что привело к полной потере реставрации. Следует отметить, что последние два пациента не приходили на контрольный прием в течение нескольких лет и вернулись к стоматологу

только из-за возникших осложнений. В еще одном случае (группа В) вторичный кариес эндодонтически леченного корневого канала привел к потере мостовидного протеза. Всего наблюдалось 3 потери. В целом из 84 мостовидных протезов на месте находятся 70 без каких либо клинических переделок. Среднее время наблюдения в группе А составило 42 месяца (вероятность выживания по Каплану-Мейеру 82,7%, n=46), в группе В – 21 месяц (вероятность выживания по Каплану-Мейеру 97,6%, n=38).

Результаты долгосрочного исследования



Выводы

Облицовочная керамика Cercon ceram S обладает лучшей выживаемостью, чем экспериментальная облицовочная керамика, использовавшаяся ранее. Исходное качество прилегания к каркасам можно оценить как хорошее, т. к. последующая корректировка требовалась лишь в редких случаях. Анализ моделей показал, что потери ретенции не были явно связаны с ошибками препарирования и чаще возникали на нижней челюсти (соотношение 6:1). В случае потери ретенции рекомендуется выбирать адгезивную фиксацию или, в крайнем случае, повторную адгезивную фиксацию. Кроме того, для реставраций, которые могут быть реализованы в субоптимальных клинических условиях (например, при высоте культи < 4 мм), необходимо уменьшить интервалы между плановыми осмотрами.

Тема сколов облицовочной керамики (chipping) более подробно рассматривается в отдельной главе. Подводя итог, можно констатировать, что в будущем оксид циркония будет приобретать все большее значение в качестве каркасного материала. С одной стороны, точность прилегания и эстетичность цельнокерамической реставрации гарантируются постоянным клиническим контролем и дальнейшими разработками. С другой стороны, новые методы обработки позволяют производить протезы из оксида циркония полной анатомической формы быстрее и эффективнее. Вероятно, зуботехническая лаборатория будущего будет состоять исключительно из сканирующих и фрезерных станков для изготовления самых разных видов реставраций. Одно или два рабочих места будут служить для рабочего процесса по изготовлению индивидуальных реставраций.

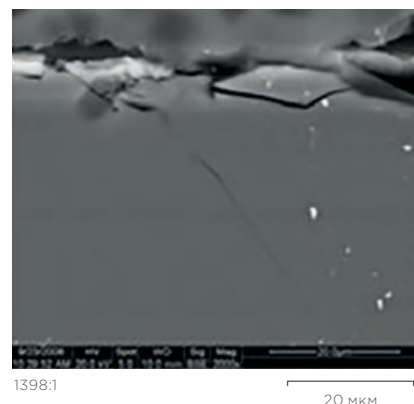
7.2 Больше надежности цельнокерамических реставраций с Cercon ceram Kiss

В последние годы оксид циркония зарекомендовал себя как каркасный материал для цельнокерамических коронок и мостовидных протезов. Клинические исследования подтверждают долговременную надежность и стабильность этого материала в течение периода наблюдения до 8 лет. Однако широкое использование в повседневной практике показывает, что успех реставраций из оксида циркония непосредственно связан с правильной обработкой материала в клинике и в лаборатории. В настоящее время в центре внимания дискуссий находится надежность облицованных реставраций из оксида циркония из-за возможности их скалывания.

Ретроспективное исследование Kerschbaum et al. (2009) показывает, что при правильной обработке реставрации из оксида циркония могут достигать показателей успеха, сравнимых с классической металлокерамикой. Данное исследование проводилось, в частности, с использованием керамики Cercon ceram Kiss, которой облицовывались реставрации из оксида циркония. Сколы облицовочной керамики происходили практически исключительно в области моляров и поэтому были признаны ограниченной проблемой. Кроме того, было установлено, что на показатели успеха реставрации влияют этапы работы в стоматологической клинике.

Пришлифовывание облицовочной керамики может стать отправной точкой для механизмов разрушения. Исследования под электронным микроскопом показали, что шлифовывание реставраций из оксида циркония алмазными инструментами с обычной зернистостью без водяного охлаждения приводит к микротрещинам в облицовочной керамике, которые могут стать одной из причин ее растрескивания.

Фото под электронным микроскопом глубокой микротрещины в облицовочной керамике Cercon ceram Kiss, вызванной шлифовыванием без водяного охлаждения



Выводы для клиники

Пришлифовывание следует проводить только мелкозернистыми алмазными инструментами (размер зерна 15–40 мкм) и с водяным охлаждением. Исследование Kerschbaum et al. (2009) показывает, что реставрации из диоксида циркония более восприимчивы к ошибкам зуботехнической лаборатории и стоматолога.

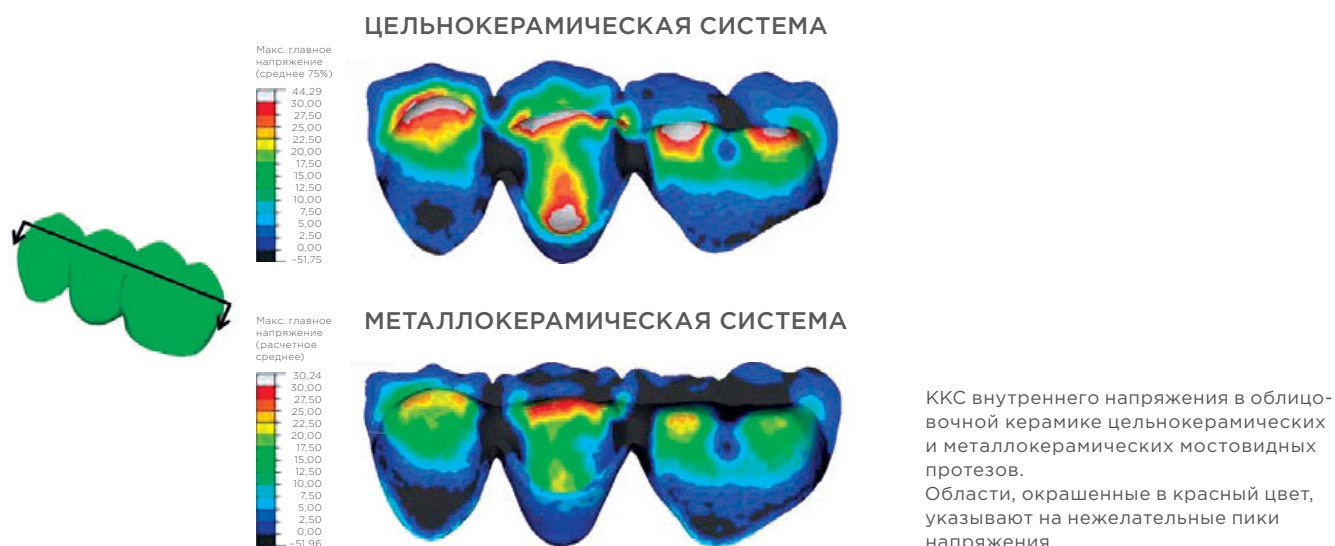
Модификация программы обжига

На основе этих выводов была четко определена цель будущих разработок технологии оксида циркония: чтобы сделать реставрации еще более долговечными для пациента, необходимо расширить диапазон обработки и повысить устойчивость к возможным ошибкам.

Чтобы найти долгосрочные и практически осуществимые решения для таких сложных многоуровневых конструкций, необходимо использовать современные методы моделирования. В университете г. Аахена (Германия) удалось рассчитать потенциал оптимизации облицованных реставраций из оксида циркония с помощью комплексного компьютерного симулятора. Исследование показало, что в процессе обжига облицовочной керамики накапливается внутреннее напряжение, что может привести к повышению вероятности разрушения. Следует отметить, что остаточное напряжение в реставрациях из оксида циркония примерно в 3 раза выше, чем в металлокерамических реставрациях.

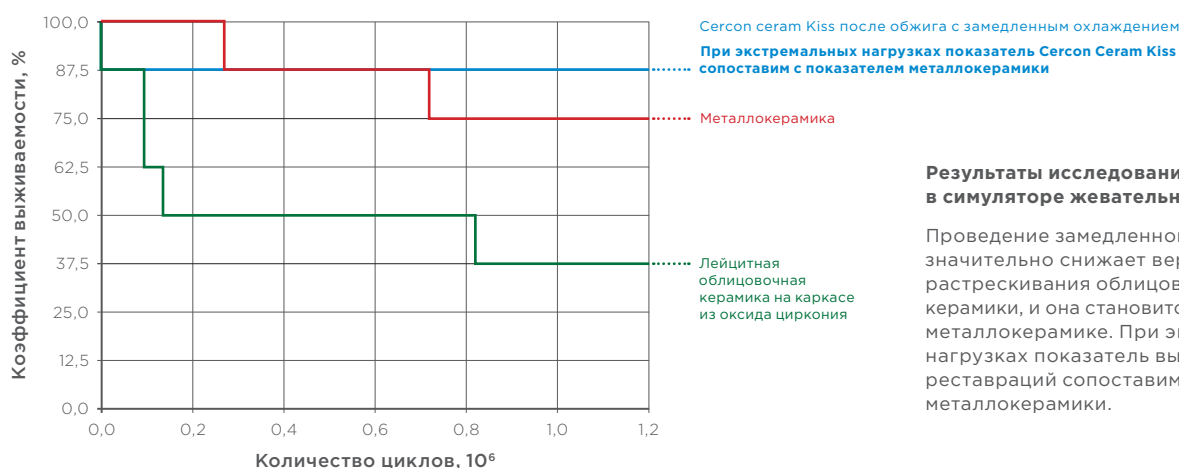
С помощью комплексного компьютерного симулятора (ККС) проблема была не только точно определена, но также стала возможна разработка решений, делающих использование этого материала удобным и безопасным в повседневной практике.

Результаты более 25 международных публикаций и 45 клинических исследований диоксида циркония Cercon® приведены в брошюре для врача-стоматолога «Диоксид циркония Cercon®. Справочник по продукции и клиническое руководство» на нашем сайте www.dentsplysirona.com/ru-ru.



Введение 6-минутной фазы охлаждения в процесс обжига керамики позволяет ослабить эти напряжения и повысить надежность облицовки. Кроме того, были разработаны программы обжига, оптимально адаптированные для обработки облицовочной керамики Cercon Ceram Kiss.

Дополнение процесса обжига 6-минутной фазой охлаждения позволило добиться значительного улучшения стабильности облицовочной керамики в экстремальных условиях испытаний.



Результаты исследований в симуляторе жевательной нагрузки

Проведение замедленного охлаждения значительно снижает вероятность растрескивания облицовочного слоя керамики, и она становится эквивалентна металлокерамике. При экстремальных нагрузках показатель выживаемости реставраций сопоставим с показателем металлокерамики.

8. Оксид циркония – сколы (chipping) и разрывы. Причины их появления и как этого избежать

Существуют три основные причины возникновения трещин и сколов при работе с каркасами из оксида циркония. Их можно классифицировать следующим образом:

- ошибка при препарировании;
- ошибка при изготовлении;
- ошибка при финишной обработке.

8.1 Препарирование

Ошибка

Тангенциальное препарирование и острые инцизальные кромки.

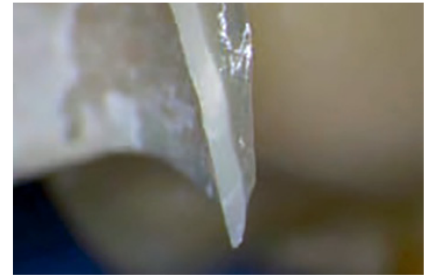


Решение

Препарирование с уступом и правильная форма культи.



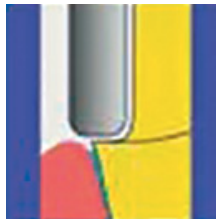
Слишком толстый край из-за неправильного препарирования и нечетко определенные границы препарирования



Неправильная форма уступа и недостаточное пространство для правильной конструкции каркаса

Рекомендации по препарированию

Основные указания



Четко выраженный уступ (90°)



Препарирование уступа с внутренним закруглением

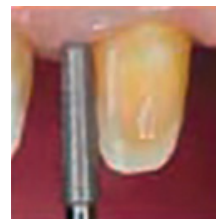


Круговая глубина препарирования не менее 1 мм

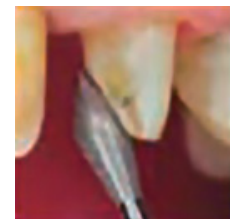
Препарирование зубов фронтальной группы



Препарирование зубов фронтальной группы



Аксиальная и инцизальная редукция



Палатальная редукция

Препарирование зубов жевательной группы



Редукция окклюзионной поверхности не менее 1,5 мм



Редукция аксиальной поверхности не менее 1,0 мм



Раскрытие окклюзионной поверхности – 120–140°. Конусность соответствующих аксиальных поверхностей – 3–4°

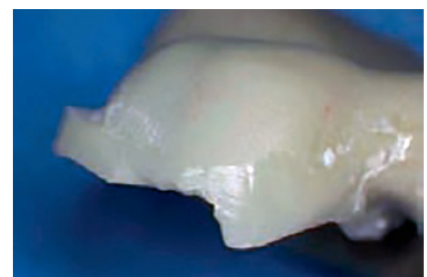
8.2 Изготовление

Ошибка

Трещины и разломы из-за неправильной шлифовки.

Решения

- Шлифовать как можно меньше!
- Только новые вращающиеся алмазные инструменты!
- Только с водяным охлаждением!
- Небольшое контактное давление!
- Минимальная толщина стенки даже после обработки:
 - ▶ одиночная фронтальная коронка: 0,3 мм с краевой толщиной 0,2 мм (уменьшение к краю);
 - ▶ одиночная коронка жевательной группы зубов: 0,4 мм с краевой толщиной 0,2 мм;
 - ▶ опорные коронки: 0,4 мм и поперечное сечение промежуточного элемента 9 мм².



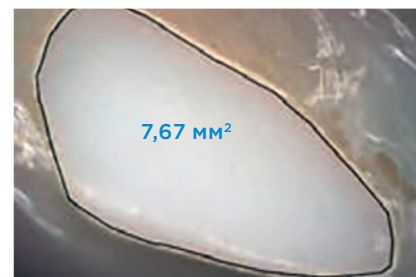
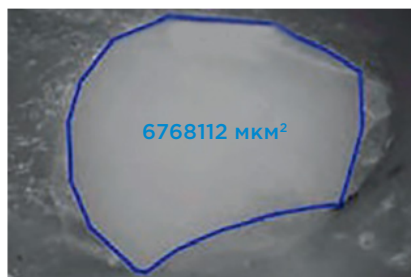
Сколы каркаса из-за неправильной обработки (чрезмерное контактное давление)

Ошибка

Переломы из-за слишком малого поперечного сечения соединительного элемента.

Решение

Увеличение поперечного сечения соединительного элемента для получения максимально стабильной конструкции моста.



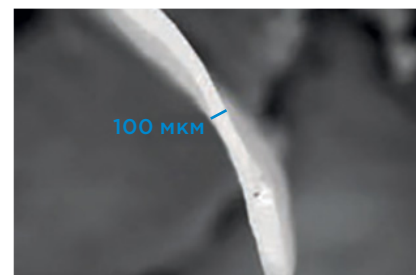
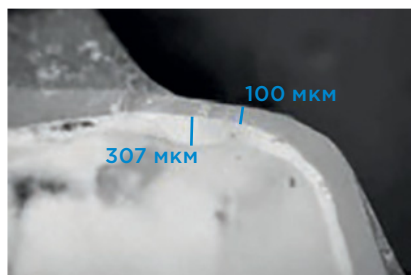
Недостаточное поперечное сечение соединения отдельных элементов

Ошибка

Переломы из-за недостаточной минимальной толщины стенки.

Решение

Минимальная толщина стенки должна быть 0,3 мм, если это возможно.



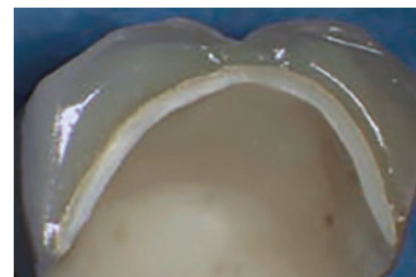
Недостаточная минимальная толщина стенок отдельных поверхностей каркаса

Ошибка

Неправильная конструкция каркаса.

Решения

- Достаточная опора на буграх.
- Отсутствие сильных колебаний толщины стенок.



Некачественный каркас, изготовленный без опоры на буграх

Ошибка

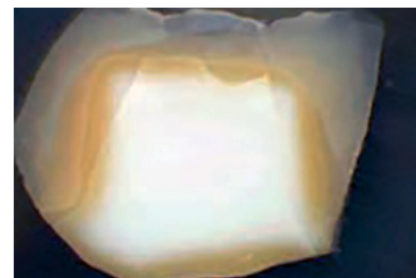
Пятна и примеси внутри каркаса.

Решения

- Используйте чистые шлифовальные инструменты.
- Используйте чистые керамические трегеры.
- Обратите внимание на равномерность окрашивания перед обжигом.



Загрязнение грязными шлифовальными инструментами



Неправильное окрашивание перед обжигом

8.3 Интеграция в зубной ряд

Ошибка

Переломы в результате сошлифовывания облицовочной керамики до каркаса.

Решение

- Особенно важна правильная окклюзия.
- Пришлифовывание стоматологом:
 - ▶ небольшое;
 - ▶ с охлаждением;
 - ▶ полировка!
- Стараться всегда проводить глазуровочный обжиг.



Неправильное шлифовывание коронок и мостовидных протезов до каркаса из оксида циркония может привести к сколам (chipping)

9. Обзор облицовочной керамики Dentsply Sirona

Название	Тип*	КТР каркаса	Температура обжига	Красители	Глазурь
----------	------	-------------	--------------------	-----------	---------

1. Облицовочная керамика для благородных сплавов с высоким КТР

DuceraGold Kiss	тип 1, класс 2-8	$16,0-17,2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-500 °C)	780 °C	Универсальные красители DS Красители Duceram LFC	Универсальные глазури DS Глазурь Duceram LFC
LFC	тип 1, класс 2-8	$11,1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (дентин) (25-400 °C)	680 °C	Красители Duceram LFC	Глазурь Duceram LFC

2. Облицовочная керамика для традиционных сплавов

Duceram Kiss	тип 1, класс 2-8	$13,8-15,4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-600 °C)	910 °C	Универсальные красители DS Красители Duceram LFC	Универсальные глазури DS Глазурь Duceram LFC
Duceram Plus	тип 1, класс 1	$13,8-15,4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-600 °C)	910 °C	Универсальные красители DS Красители Duceram LFC	Универсальные глазури DS Глазурь Duceram LFC
Ceramco 3	тип 1, класс 1	$13,9-15,1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-600 °C)	960 °C	Универсальные красители DS Красители Duceram LFC	Универсальные глазури DS Глазурь Duceram LFC

3. Цельная керамика

Cercon ceram kiss	тип 1, класс 2-8	$10,5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-500 °C)	830 °C	Универсальные красители DS	Универсальные глазури DS
Celtra Ceram	тип 1, класс 1 в соответствии с ISO 6872:2015	$9,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-500 °C)	770 °C (1-й дентин для каркасов из ZLS и дисиликата лития) 780 °C (1-й дентин для каркасов из оксида циркония)	Универсальные красители DS	Универсальные глазури DS

4. Пресс-керамика

Celtra press Усиленная диоксидом циркония литий-силикатная керамика (ZLS)	тип 2, класс 1-3	$9,7 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ (25-500 °C)	860 °C (муфель 100 г) 865 °C (муфель 200 г) 870 °C (мост, муфель 200 г)	Универсальные красители DS	Универсальные глазури DS
---	------------------	---	---	----------------------------	--------------------------

* DIN EN ISO 6872.

Для получения подробных инструкций по работе с конкретной линией облицовочной керамики и/или материала для изготовления каркаса обратитесь на официальный сайт компании www.dentsplysirona.com или пользовательский портал для клиентов ds-world.ru.

ООО «Дентсплай Сирона»

115035, Россия, г. Москва, Овчинниковская наб.,
д. 18/1, стр. 2, помещение 3Н

Телефон +7 (495) 725-10-87

www.dentsplysirona.com