

# АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ сеточных металлокомпозитных материалов, применяемых в армирующей стоматологии Меликяна М.Л. (АСМ)

## (Часть I)



### М.Л.Меликян

• д.м.н., профессор, кафедра ГБОУ ДПО КГМА,  
главный врач ООО "АрмСтом Меликяна",  
г. Москва  
Адрес: 123103, Москва,  
ул. Маршала Тухачевского,  
д. 55, 1 этаж, XXIV пом.  
Тел.: 8 (495) 725-15-75  
E-mail: armstom@mail.ru

### К.М.Меликян

• соискатель ГБОУ ДПО КГМА,  
врач-стоматолог,  
ООО "АрмСтом Меликяна", г. Москва  
Адрес: 123103, Москва,  
ул. Маршала Тухачевского,  
д. 55, 1 этаж, XXIV пом.  
Тел.: 8 (495) 725-15-75  
E-mail: lika17@mail.ru

### С.С.Гаврюшин

• д.т.н., профессор,  
зав. кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5  
Тел.: 8 (499) 263-68-54  
E-mail: gss@rk9.bmstu.ru

### К.С.Мартиросян

• профессор, кафедра Физики и Астрономии,  
Техасский университет (Браунсвилл)  
Адрес: 80 Fort Brown, SETB 2.258,  
Brownsville, TX, 78520  
Тел.: 956 882 6736  
E-mail: karen.martirosyan@utb.edu

### Г.М.Меликян

• к.м.н., врач-стоматолог,  
ООО "АрмСтом Меликяна", г. Москва  
Адрес: 123103, Москва,  
ул. Маршала Тухачевского,  
д. 55, 1 этаж, XXIV пом.  
Тел.: 8 (495) 725-15-75

**Резюме.** В работе представлены результаты анализа прочностных характеристик сеточных металлокомпозитных (СМК по М.Л.Меликяну) материалов, в зависимости от расположения армирующей сетки к направлению нагрузки. Сеточный металлокомпозит применяется в армирующей стоматологии при реставрации/реконструкции и протезировании зубов. Результаты исследования прочностных свойств сеточных металлокомпозитных образцов на трехточечный статический изгиб показывают, что предел прочности образцов зависит от положения армирующей металлической позолоченной переплетенной сетки (МППС) по отношению к направлению приложения нагрузки. В случае установки сетки на расстоянии 1 мм от нижней поверхности образца в зоне растяжения нагрузка разрушения практически не изменяется по сравнению с контрольными образцами. При установке сетки на расстоянии 1 мм от верхней поверхности образца в зоне сжатия предельная нагрузка увеличивается примерно на 75% по сравнению с неармированными образцами, изготовленными из микрогибридного композитного материала.

Возникновение и направление роста трещин, приводящих к разрушению целостности образцов, существенно зависит от положения металлической сетки. Доказано, что сетка препятствует возникновению и росту трещин. Процесс разрушения образца начинается с возникновения и последующего роста трещин в неармированной зоне и заканчивается в армированной зоне. За счет растяжения сетки образцы не распадаются на две части, а сохраняют способность сопротивляться нагрузке. Эффект повышения предельной нагрузки для образцов, по-видимому, возникает за счет формирования армирующего высокопрочного сеточно-металлокомпозитного слоя в критической зоне образца под индентором. Высокопрочный армирующий слой распределяет напряжения более равномерно. При этом МППС равномерно распределяет нагрузку, тем самым разгружая соответствующие слои микрогибридного композитного материала. Установка МППС непосредственно под индентором (в зоне контакта) существенно снижает вероятность трещинообразования. Это объясняется снижением уровня максимальных значений контактных напряжений за счет армирующей сетки.

**Ключевые слова:** армирующая стоматология, предел прочности, статический изгиб, композитный материал, сеточный металлокомпозит (СМК по М.Л.Меликяну), направления приложения нагрузки, зона растяжения, зона сжатия, высокопрочный сеточно-металлокомпозитный слой, локальные контактные напряжения, трещинообразования, армированная зона.

**The analysis of mechanical properties of reinforced metal mesh composites used in reinforced dentistry by (Melikset Melikyan).**

**Summary.** This paper presents results of the analysis of mechanical properties of reinforced metal mesh

composites (on M.L.Melikyan), which is particularly depending on a locating of strengthened metal mesh to the load direction.

The metal mesh composite used for reinforced dentistry in treatment, restoration/reconstruction and prosthesis. The study of mechanical properties by a three-point static bend fixture demonstrated that the ultimate tensile strength of the samples depends on the placement position of the metal mesh in the composites with the relation to the direction of the applied load. The installation of the metal mesh at the distance of 1 mm from the bottom surface of a sample in a tension zone practically doesn't change ultimate tensile strength in comparison with control samples. At the metal mesh installation at the distance of 1 mm from the top surface of a sample in a compression zone the maximum load is increased up to 75 %, in comparison with not reinforced samples prepared by using micro-hybrid composite materials.

The development of the crack growth and their expansion, which leads to destruction of samples integrity essentially, depends on the placement position of the metal mesh in the composites. It is proved that the metal mesh prevented development of the crack growth. Process of destruction of a sample begins with the development of the crack growth in non reinforced zone and finished at the end of the reinforced zone. Due to stretching metal mesh the samples don't split to two parts, and remain ability to resist to a load. The effect of increasing of ultimate tensile strength of the samples occurs by formation of a reinforcing high-strength metal mesh with composite layer in a critical zone of a sample under an indenter. The high-strength reinforcing layer distributes strains more homogeneous. In this case the reinforced composite uniformly distributed a load thereby unloading the corresponding layers of a micro-hybrid composite material. The installation of metal mesh with composites under an indenter (in a contact zone) essentially reduces probability of a crack forming. This can be explained by the decreasing of the maximum values of contact strains due to reinforced mesh installation.

**Key words:** reinforced dentistry, ultimate tensile strength, static bending, composite materials, wire metal mesh composites (M.L.Melikyan), load direction, tension zone, compression zone, high strength composite coating, local contact stress, fracturing, reinforced zone.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при устранении различных дефектов твердых тканей зуба используют композитные материалы [1, 3, 25]. Несомненные преимущества композитных материалов по сравнению с традиционными позволили широко применять их в клинической практике.

### Преимущества композитных материалов

Современные композитные материалы имеют высокие физико-механические свойства, биологическую инертность, отличную химическую



стойкость, низкий коэффициент усадки, более прочное соединение и лучшее краевое прилегание к твердым тканям зуба [5, 22].

С внедрением в клиническую практику композитных материалов у врачей-стоматологов появилась возможность проводить щадящее одонтопрепарирование с максимальным сохранением здоровых твердых тканей. В процессе реставрации восстанавливаются функции и эстетика разрушенных зубов [4-6]. Несмотря на очевидные преимущества, у композитных материалов имеется ряд недостатков, характерных для любого искусственного материала, применяемого в стоматологической практике.

#### Недостатки композитных материалов

Клинические исследования показали, что при использовании армированных и неармированных композитных материалов возникают различные осложнения, которые устраняются с помощью полирования, шлифования, частичной или полной реставрации [7, 21]. Установлено, что основные причины возникновения осложнений после реставрации заложены в физико-химических свойствах композитных материалов. Научные исследования показали, что одним из основных недостатков у композитных материалов является полимеризационная усадка как следствие взаимосближения частиц мономера в результате воздействия сил Ван дер Вальса. Общеизвестно, в композитах светового отверждения органическая фаза неотвержденного материала содержит свободные, несопряженные мономеры метакрилата. После начала световой полимеризации эти мономеры комбинируются в свободнорадикальной реакции и образуют сначала олигомеры, а затем длинноцепочечные поперечносшитые полимеризованные полимеры (своего рода сетки). Поскольку расстояние между отдельными компонентами сформированного полимера меньше, чем между отдельными мономерами до реакции, полимеризация приводит к уменьшению объема сетки. Данный эффект называется полимеризационной усадкой. Пока мономеры могут свободно двигаться, потому что еще не являются частью сетки, полимеризационный стресс не развивается или развивается незначительно. Однако, по мере того как все больше и больше мономеров вступает в реакцию, образующаяся полимерная сетка становится жесткой, частично благодаря повышенному образованию ковалентных связей (поперечная сшивка) между соседними полимерными цепочками. Вместе со снижением подвижности мономеров любая последующая усадка системы приводит к увеличению полимеризационного стресса [24, 26, 27-28].

Напряжения, развивающиеся в процессе полимеризации, являются следствием усадки, происходящей при объединении мономеров в полимер. Предполимеризационное расстояние между частицами составляет 3-4 ангстрема, а после полимеризации уменьшается до 1,54 ангстрема.

В качестве примера [35]: микрогибрид Definite® имеет усадку 2,46% от объема; Арабеск Топ, основанный на висмутовой керамике (Arabesk Top, VOCO), имеет усадку 2,49%; Адмира флоу (Admira Flow, VOCO) — 2,92%. Использование композита с добавлением наночастиц (Grandio, VOCO) снижает усадку до 1,57%. Таким образом, средняя усадка современных композитных материалов составляет не более 3%. Однако даже минимальная усадка композиционного материала в процессе полимеризации приводит к образованию внутренних трещин, нарушению краевого прилегания и образованию краевой щели, к краевому разрушению и краевому микроподтеканию, к снижению прочности и увеличению пористости композит-

ного материала, что ограничивает срок службы композитных реставраций [29, 33].

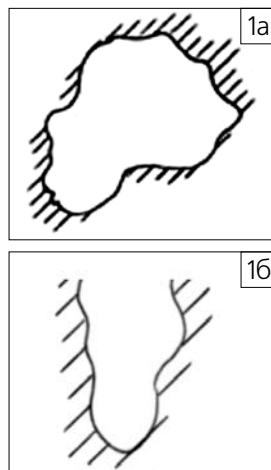
Полимеризационные напряжения, возникающие в результате полимеризационной усадки, локализованы не только в композите, но способны распространяться на поверхность, к которой прикрепляется композит с помощью адгезива. Перемещение полимеризационных напряжений является причиной многочисленных проблем. В хорошо «вклеенной» композитной реставрации напряжения, возникающие в результате полимеризационной усадки, проходят через границу раздела с тканями зуба и могут вызвать деформацию [19-20, 30-32].

При усадке композитного материала, из-за большой разницы между коэффициентом теплового расширения твердых тканей зуба и композитного материала, в результате чего образуется краевая щель между твердыми тканями зуба и композитом, возникает микроподтекание. Ширина краевой щели составляет 2-25 мкм. Через неё проникает ротовая жидкость, содержащая микроорганизмы, красители, ферменты, что, естественно, вызывает вторичный кариес. К недостаткам композитного материала относится их способность к сорбции воды, которая начинается через 4-6 часов после пломбирования и продолжается около 28 дней. В результате этого процесса происходит ослабление связей между мономером и наполнителем, что ухудшает устойчивость к растяжению и изгибу, устойчивость к истиранию.

Пористость свойственна всем композитным материалам. Степень пористости зависит от количественного соотношения мономера и наполнителя. Из-за пористости возникают такие осложнения, как ретенция красителей, образование колоний бактерий, что приводит к ухудшению эстетического вида реставрации. Установлено, что после композитной реставрации возникает микро- и макросколы, для устранения которых требуется частичная или повторная реставрация [8-9, 15, 23]. К основным причинам, приводящим к возникновению сколов у композитной реставрации, относят недостаточную физико-механическую прочность, наличие трещин и микропор [16-18]. После композитной реставрации обычно различают два типа микропор (рис. 1): закрытые (внутренние) и открытые тупиковые (наружные).

Закрытые микропоры находятся внутри отреставрированного зуба:

- между твердыми тканями зуба и адгезивным слоем;
- между композитным материалом и адгезивным слоем;
- внутри порции композитного материала;
- между порциями композитного материала.



■ Рис. 1. Типы микропор после композитной реставрации: а) внутренняя закрытая микропора; б) наружная открытая тупиковая микропора

Открытые тупиковые микропоры расположены на наружной поверхности композитной реставрации.

Устранение вышеперечисленных недостатков является сегодня актуальной проблемой при выполнении композитных реставраций.

Наличие осложнений, которые возникают после лечения и протезирования в работе стоматолога, — это неоспоримый факт. Наличие причин, которые приводят к возникновению осложнений, — факт также неоспоримый. Если устранить причину, то можно минимизировать количество осложнений, что характерно при причинно-следственных взаимосвязях. Поэтому разработка инновационных технологий, позволяющих устранять недостатки композитных материалов, тем самым минимизировав количество осложнений при реставрации/реконструкции и протезировании зубов, остается приоритетной задачей современной стоматологии.

Нами разработана инновационная технология, которая позволяет проводить лечение, реставрацию/реконструкцию и протезирование зубов, применяя сеточный металлокомпозит. При устранении дефектов коронковой части передней группы зубов мы используем сеточно-контурный армирующий каркас (СКАК) [11, 14-15]. Установлено, что при функциональных нагрузках передние группы зубов работают в основном на изгиб, а боковые — на сжатие. Также известно, что прочность на изгиб у композитного материала ниже, чем на сжатие. Более того, дополнительное увеличение прочностных свойств композитного материала (армирование) позволит не только снизить возникновение осложнений, но и позволит увеличить срок службы композитных реставраций.

С целью армирования композитной реставрации в качестве армирующего элемента мы использовали металлическую позолоченную переплетенную сетку (МППС) из нержавеющей медицинской стали. Введение в композит металлической сетки позволило создать принципиально новый стоматологический материал — армированный сеточный металлокомпозит (СМК) по М.Л.Меликяну, который нашел широкое применение в армирующей стоматологии [14].

Согласно разработанной технологии [10, 12-13], при восстановлении целостности коронковой части передней группы зубов с применением сеточного металлокомпозита, в зависимости от локализации, направления и глубины дефекта, сетку после щадящего атравматического одонтопрепарирования устанавливаем в реставрируемый зуб в разные положения по отношению к направлению нагрузки:

- по режущему краю;
- с оральной поверхности;
- с вестибулярной поверхности;
- с оральной и вестибулярной поверхностей.

Основной целью данной работы является исследование вопросов обоснования оптимального расположения сеточно-контурного армирующего каркаса при устранении косых дефектов коронковой части передней группы зубов. В этой связи изучение и определение прочностных свойств сеточных металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250, в зависимости от расположения сетки по отношению к направлению нагрузки, было приоритетной задачей.



(Продолжение следует.)