



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

(Часть III)



М.Л.Меликян

• д.м.н., профессор, кафедра ГБОУ ДПО КГМА,
главный врач ООО "АрмСтом Меликяна"
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"
Адрес: 123103, Москва,
ул. Маршала Тухачевского,
д. 55, 1 этаж, XXIV пом.
Тел.: 8 (495) 725-15-75
E-mail: likal17@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"
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 (Melikyan M.L.).

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.

Изготовление II-VII серий сеточных металлокомпозитных образцов "микрогибридный композит Filtek™ Z-250 — металлическая позолоченная переплетенная сетка" для испытания на трехточечный статический изгиб.

Нами было изготовлено 6 серий сеточно-металлокомпозитных образцов в количестве 30 штук из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки. Предполагалось, что во время испытаний опоры располагаются снизу, а нагрузка приложена вертикально вниз — в середине верхней поверхности образца.

Металлическая сетка устанавливалась горизонтально по высоте образца в следующих положениях:

- на расстоянии 0,5 и 1 мм от нижней поверхности, то есть в слое образца, испытывающего при испытании растяжение;
- в среднем нейтральном слое образца на расстоянии 2,5 мм от верхней и нижней поверхности;
- на расстоянии 0,5 и 1 мм от верхней поверхности, то есть в слое образца, испытывающего при испытании сжатие;
- в два слоя одновременно на расстоянии 1 мм от нижней поверхности и на расстоянии 1 мм от верхней поверхности.

Положение сетки в сеточно-металлокомпозитных образцах, изготовленных из микрогибридного композита Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки, по отношению к направлению приложения нагрузки, представлены в табл. 2.

Изготовление II-VII серии сеточных металлокомпозитных образцов из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки проводили в три этапа:

I этап — подготовка, примерка и коррекция металлической сетки;

II этап — фиксация металлической сетки в композитном материале в заданном положении по отношению к направлению приложения нагрузки (в зоне растяжения, нейтральной зоне, в зоне сжатия, 2 сетки одновременно — и в зоне растяжения, и в зоне сжатия);

III этап — окончательное изготовление сеточных металлокомпозитных образцов.

Подготовка, примерка и коррекция металлической сетки для изготовления сеточных металлокомпозитных образцов.

Для изготовления сеточных металлокомпозитных образцов использовали микрогибридный

■ **Таблица 2.** Положение сетки в сеточно-металлокомпозитных образцах, изготовленных из микрогибридного композита Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки, по отношению к направлению приложения нагрузки

Серия образцов	Положение металлической сетки в сеточно-металлокомпозитных образцах по отношению к направлению приложения нагрузки
I	Без сетки
II	Сетка установлена в нижнем слое образца на расстоянии 0,5 мм от противоположной поверхности направления приложения нагрузки в зоне растяжения (толщина композитного материала под сеткой составляет 0,5 мм, а над сеткой — 4,5 мм)
III	Сетка установлена в нижнем слое образца на расстоянии 1 мм от противоположной поверхности направления приложения нагрузки в зоне растяжения (толщина композитного материала под сеткой составляет 1 мм, а над сеткой — 4 мм)
IV	Сетка установлена посередине образца на расстоянии 2,5 мм от направления приложения нагрузки в нейтральной зоне (толщина композитного материала под сеткой и над сеткой составляет 2,5 мм)
V	Сетка установлена в верхнем слое образца на расстоянии 1 мм от направления приложения нагрузки в зоне сжатия (толщина композитного материала под сеткой составляет 4 мм, а над сеткой — 1 мм)
VI	Сетка установлена в верхнем слое образца на расстоянии 0,5 мм от направления приложения нагрузки в зоне сжатия (толщина композитного материала под сеткой составляет 4,5 мм, а над сеткой — 0,5 мм)
VII	Сетка установлена одновременно в нижнем слое образца на расстоянии 1 мм от противоположной поверхности направления приложения нагрузки в зоне растяжения и в верхнем слое образца на расстоянии 1 мм от направления приложения нагрузки в зоне сжатия (толщина композитного материала под сеткой и над сеткой составляет 1 мм)

■ **Таблица 3.** Геометрические размеры и вес III серии металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки

№ образцов	Вес сетки (г)	Вес образцов	Длина образцов	Высота образцов	Ширина образцов
1	0,16	2,18	45,02	4,73	4,89
2	0,16	2,16	45,21	4,68	5,11
3	0,16	2,38	45,22	5,00	5,18
4	0,17	2,39	45,04	4,92	5,16
5	0,17	2,32	45,21	4,72	5,15
Усредненные значения	0,164	2,286	45,14	4,81	5,082

Примечание: готовые образцы до испытания находились в воде

■ **Таблица 4.** Геометрические размеры и вес V серии образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки

№ образцов	Вес сетки (г)	Вес образцов	Длина образцов	Высота образцов	Ширина образцов
6	0,16	2,50	45,19	4,84	5,20
7	0,16	2,34	45,10	4,83	5,08
8	0,16	2,38	45,28	4,91	5,09
9	0,17	2,39	45,29	4,83	5,22
10	0,16	2,36	45,31	4,86	5,13
Усредненное значение	0,162	2,394	45,234	4,654	5,144

Примечание: готовые образцы до испытания находились в воде

композитный материал Filtek™ Z-250 и среднюю металлическую позолоченную переплетенную сетку фирмы «Dentaurum», размерами 10 x 10 см.

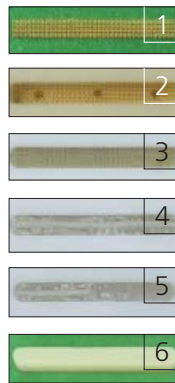
Подготовка, примерка и коррекция металлической сетки для изготовления II-VII серии металлокомпозитных образцов проводили в одинаковой последовательности. С помощью ножицы вырезали сетку прямоугольной формы, длиной 45 мм и шириной 5 мм, далее проводили примерку и коррекцию, после которой сетка без усилий устанавливалась в нужном положении в полипропиленовую форму (рис. 1-2). После примерки и коррекции сетку удаляли из формы и измеряли ее вес и приступали к фиксации металлической сетки в микрогибридном композитном материале в заданном положении по высоте.

Фиксация металлической сетки в микрогибридном композитном материале в заданном положении по высоте.

Металлическую сетку в микрогибридном композитном материале фиксировали в разных положениях по высоте образца:

- на расстоянии 0,5 и 1 мм от нижней поверхности образца;
- в слое равноудаленной от верхней и нижней поверхностей (нейтральный слой);
- на расстоянии 0,5 и 1 мм от верхней поверхности образца.

После фиксации металлической сетки в микрогибридном композитном материале проводили окончательное изготовление сеточного металлокомпозитного образца.



■ **Рис. 1.** Металлическая позолоченная переплетенная сетка прямоугольной формы, длиной 45 мм, шириной 5 мм, толщиной 0,4 мм

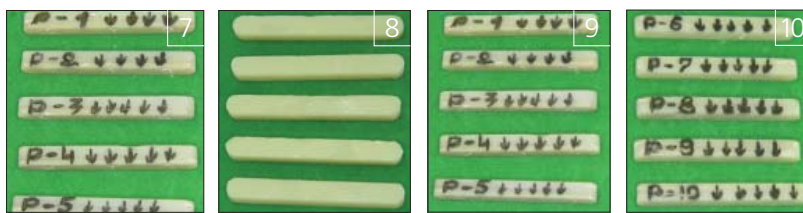
■ **Рис. 2.** Этап примерки металлической сетки в полипропиленовой форме

■ **Рис. 3.** Этап изготовления сеточного металлокомпозитного образца III серии. Металлическая сетка толщиной 0,4 мм установлена в нижнем слое образца в зоне растяжения. Толщина композитного материала под сеткой и над сеткой составляет 1 мм

■ **Рис. 4.** Нанесения очередной порции композитного материала в виде валика диаметром 2,5 мм над замурованной металлической сеткой

■ **Рис. 5.** Этап равномерного распределения композитного валика

■ **Рис. 6.** Готовый сеточный металлокомпозитный образец после удаления из полипропиленовой формы



■ **Рис. 7.** Нумерация сеточного металлокомпозитного образца с указанием направления приложения нагрузки

■ **Рис. 8.** III серия сеточных металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки (верхний слой)

■ **Рис. 9.** III серия металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки. Металлическая сетка (толщиной 0,4 мм) установлена в нижнем слое образца на расстоянии 1 мм от противоположной поверхности направления приложения нагрузки в зоне растяжения. Толщина композитного материала под сеткой составляет 1 мм, а над сеткой — 4,0 мм

■ **Рис. 10.** V серия сеточных металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки

Изготовление III-серии сеточных металлокомпозитных образцов из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки.

Сначала композитному материалу весом 0,6 мм придавали форму шарика, а потом — валика. Диаметр композитного валика составлял 2,7 мм, а длина — 45 мм. Далее композитный валик устанавливали на дно полипропиленовой формы и с помощью г-образной штопфер-гладилки равномерно распределяли по всему дну, после чего толщина композитного слоя составляла 1,2 мм. Сетку устанавливали над композитным слоем и с помощью г-образной штопфер-гладилки равномерно придавливали на глубину 0,2 мм. Проводили полимеризацию. Далее на поверхность сетки наносили вторую порцию композитного материала в виде валика. Придавливая композитный валик с помощью г-образной штопфер-гладилки, полностью заполняли все ячейки и поверхностный слой сетки. Проводили полимеризацию.

Таким образом, после нанесения второго слоя, металлическая сетка была полностью замурована в композитном материале на уровне 1 мм от дна полипропиленовой формы (рис. 3). Далее слой за слоем наносили композитный материал до полного заполнения полипропиленовой формы. После нанесения каждого слоя проводили полимеризацию. Готовый образец извлекали из формы и проводили контрольную полимеризацию его наружных поверхностей. Каждому образцу присваивали порядковый номер и стрелками указывали направление приложения нагрузки (рис. 4-7). В процессе испытания на трехточечный статический изгиб верхние слои образца, которые состоят из композитного материала, будут испытывать сжатие, а нижние слои, где установлена металлическая сетка, растяжение. Таким образом, была изготовлена III-серия сеточных металлокомпозитных образцов из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки в количестве 5 штук. Металлическая сетка толщиной 0,4 мм устанавливалась на нижнем слое образца на расстоянии 1 мм от противоположной поверхности направления приложения нагрузки в зоне растяжения. Толщи-

на композитного материала под сеткой составляет 1 мм, а над сеткой — 4,0 мм (рис. 8-9).

В процессе испытаний на трехточечный статический изгиб верхний неармированный слой сеточного металлокомпозитного образца, состоящего из композитного материала, будет испытывать сжатие, а нижний армированный слой, где установлена сетка, — растяжение. Геометрические размеры и вес III-серии сеточных металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки (МППС), приведены в табл. 3.

Изготовление V-серии сеточных металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки.

Последовательность изготовления V-серии сеточных металлокомпозитных образцов проводили аналогичным образом, как и III-серии, только с той разницей, что металлическую сетку устанавливали на верхнем слое образца на расстоянии 1 мм от направления приложения нагрузки в зоне сжатия. Толщина композитного материала под металлической сеткой составила 4 мм, а над сеткой — 1 мм.

В процессе испытания на трехточечный статический изгиб верхний армированный слой сеточного металлокомпозитного образца, где установлена сетка, будет испытывать сжатие, а нижний неармированный слой образца, который состоит из композита, — растяжение.

После изготовления V-серии сеточных металлокомпозитных образцов присваивали порядковый номер и стрелками указывали направление нагрузки (рис. 10).

Металлическая сетка толщиной 0,4 мм установлена в верхнем слое образца на расстоянии 1 мм от направления приложения нагрузки в зоне сжатия. Толщина композитного материала под металлической сеткой составила 4 мм, а над сеткой — 1 мм; размеры и вес серии сеточных металлокомпозитных образцов, изготовленных из микрогибридного композитного материала Filtek™ Z-250 и металлической позолоченной переплетенной сетки, приведены в табл. 4.

(Продолжение следует.)