

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕКЛОВОЛОКОН, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КЛИНИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

В области восстановительной стоматологии невероятные успехи в исследованиях стоматологических материалов привели к популярности эстетических адгезивных реставраций и адгезионных мостовидных протезов. В результате на сегодняшний день является актуальным продолжать исследования в области волоконно-усиленных композитов (FRC). Очевидно, что требуется более детальное изучение структуры полимерной матрицы и стекловолокон с целью дальнейшего успешного их применения в клинической стоматологии. Клиницисты используют определенные критерии для выбора стоматологических материалов, прежде всего анализируют проблему, определяют требования к материалам, а затем анализируют доступные материалы и их свойства [2]. Нынешняя тенденция к «минимально-инвазивной стоматологии» и растущий спрос пациентов на эстетику делают волоконно-усиленные композиты материалом выбора для восстановления передних зубов.

Цель работы – на основании существующих научных данных и собственных исследований изучить химический состав, структуру и физико-механические характеристики волоконно-усиленных композитов (FRC).

Материалы и методы. Основываясь на данных зарубежной литературы и исследований, полученных с использованием электронного микроскопа на кафедре технологий стекла и керамики Белорусского государственного технологического

университета, проведено изучение химического состава и структуры волоконных армирующих систем, зарегистрированных в РБ.

Результаты исследования. Армированные волокном композиты (FRC) представляют собой типичные композиционные материалы, изготовленные из полимерной матрицы, армированной тонким волокном. Полимерная матрица, состоящая из полимеризованных мономеров, удерживает волокна в структуре композита. Матрица может влиять на прочность материала к сжатию, отрыв слоев композита, на взаимодействие между матрицей и волокнами, на дефекты в композите [1]. Для армирования частиц / волокон были использованы различные методы производства, в том числе литье под давлением, прессование под давлением, гидростатическая экструзия и самоупрепление (штамповка) [2]. Волоконно-усиленные композиты представляют собой аморфную (некристаллическую), однородную, трехмерную сеть диоксида кремния, кислорода и других атомов, расположенных случайным образом [1]. Для стоматологического применения используются поликарбонатные, полиуретановые и акриловые полимеры, такие как полиметилметакрилат (ПММА) и бисфенол-А глицидилметакрилат (Бис-ГМА), которые армируются стекловолокном и как правило обрабатываются силановым связующим агентом для повышения химической связи между волокнами и полимерной матрицей [4]. Возможность хорошего связывания стекловолокна с композитными смолами имеет важное значение для эффективности применения данных материалов. Физические характеристики композита на основе армированного стекловолокна и зуба аналогичны, поэтому отказ при функционировании этих композитов менее вероятен по сравнению с композитами на основе только смол. Композиты на основе смол имеют неудовлетворительные физические свойства, поэтому их применять наиболее целесообразно только для фиксации ортопедических конструкций. Материалы, армированные стекловолокном, предназначенные для создания супраструктур, имеют показатели физических свойств на 10% выше по сравнению с обычными материалами и широко могут быть использованы в эстетической стоматологии. Армированные стекловолокном композиты получили признание в стоматологии и в настоящее время они широко используются при изготовлении адгезионных протезов, восстановлении зубов после эндодонтического лечения и при изготовлении ортодонтических ретейнеров. При разработке волокон необходимо учитывать требования к волокнам и параметры волокон, которые определяются целевым назначением и технологическими свойствами производства. Поэтому стекловолокна синтезируются в различных системах, которые обеспечивают качественно различные свойства в разных волокнах. Стекловолокна можно разделить на шесть категорий в зависимости от их состава и применения [2].

1. Стекло А (нейтральное) – это высокощелочное стекло, содержащее 25% соды и известь. Преимущество этого стекловолокна заключается в том, что оно дешевле других типов стекловолокна и может использоваться в качестве наполнителя для пластмасс при отсутствии жестких требований. Недостаток заключается в том, что структура имеет низкую химическую стойкость к воде и щелочным средам, а также низкую прочность.

2. Стекло С (химически стойкое) – было разработано для области машиностроения, в которой материал находится в контакте с агрессивными средами, в основном кислотами. Эти волокна обладают хорошей коррозионной стойкостью. Однако недостатком является то, что стекловолокно имеет более низкие технологические свойства и низкую прочность.

3. Стекло D – этот тип стекла имеет низкую диэлектрическую проницаемость с превосходными электрическими свойствами, используется как усиливающий материал в

электронных щитах и радиолокационных устройствах. Однако, он характеризуется низким уровнем прочности и химического сопротивления.

4. Стекло S – это высокопрочное и эластичное стекло с низкой диэлектрической проницаемостью и более высокой коррозионной стойкостью к кислотам. Этот тип стекловолокна является достаточно сложным и дорогостоящим в производстве, а срок его службы является низкими, таким образом, его использование ограничено.

5. Стекло AR – эти стеклянные волокна помогают улучшить структурные и технологические свойства, а также улучшить прочность на излом и ударную прочность. Высокая температура плавления и высокое содержание циркония ограничивают область его применения.

6. Стекло E (электрический тип) – это кальций-алюминий-боросиликатное стекло с низким содержанием щелочи. Оно имеет лучшую электрическую изоляцию и более устойчиво к воде. Недостатки этого типа волокон связаны с наличием летучих компонентов (оксид бора и фтор), что приводит к нарушению химической однородности стекла и загрязняет окружающую среду.

Однако, больше чем 50% стекловолокон, используемых для армирования – это E-стекловолокно [5]. Волокна из E-стекла используются в основном в стоматологии [4]. Они представляют собой смесь аморфных фаз и оксида кремния, оксида кальция, оксида бария, оксида алюминия и некоторых оксидов щелочных металлов. Они имеют следовые количества Na_2O , MgO , TiO_2 , Fe_2O_3 и др. [3]. E-волокно, используемое в стоматологии, имеет плотность $2,54 \text{ г/см}^3$, заявленная прочность на растяжение и E-модуль этих волокон 3.4 ГПа и 73 ГПа соответственно. S-стекло также аморфно, но отличается по составу и имеет большую твердость и модуль упругости по сравнению с E-стеклом и большую устойчивость к пластической деформации, чем E-стекло [1]. Сообщаемая прочность на растяжение и модуль упругости составляют 800 МПа и 66 ГПа соответственно. Оксид кремния, оксид алюминия и оксид магния выше по содержанию, чем в E-стекле, но оно содержит небольшое количество щелочных и щелочноземельных ионов [3].

Факторами, влияющими на свойства упроченного стекловолокном композита, являются: ориентация волокон, количество волокон, обработка поверхности, связь волокна в полимерной матрице, адгезия волокон к полимерной матрице, свойства волокон, адгезия волокон, абсорбция воды матриком.

Ориентация стекловолокна влияет на свойства композитов при термическом воздействии. Тепловой коэффициент изменяется в зависимости от направления волокна. Это может оказать клиническое значимое воздействие, например, на адгезию композита при облицовке каркаса упроченного стекловолокном композита частичного несъемного протеза и адгезию упроченного стекловолокном композита к тканям зуба [4]. Ориентация волокон оказывает влияние на линейную деформацию при усадке. В случае упроченных стекловолокном композитов с однонаправленным расположением волокон, деформация при усадке вдоль волокна была низкой, тогда как основная усадка происходила в поперечном направлении по отношению к волокну. Подобно непрерывному однонаправленному упроченному стекловолокном композиту, двунаправленный композит имеет очень небольшую усадку во всех направлениях. Упроченный стекловолокном композит со случайно ориентированными волокнами показал низкую усадку при полимеризации, но немного выше, чем композит с двунаправленными волокнами. Короткие волокна также эффективны при снижении усадки в материале [4].

Влажная среда, такая как слюна в полости рта, может вызывать «коррозионные» эффекты на поверхности упроченного стекловолокном композита в результате диффузии через полиматрицу воды. Это может привести к снижению механических свойств и изменениям в структуре. Силанизация, которая помогает связывать волокна с полиматрицей, также влияет на гидролитическую стабильность композита. Существует потенциальное деструктивное влияние воды на межфазную адгезию между полимерной матрицей и стекловолокном посредством повторного гидролиза силансодержащего агента [1]. На абсорбцию воды влияет также импрегнация смолой волокон. Если имеются области, в которых волокна не полностью импрегнированы смолой, в структуре отвержденного композита будут присутствовать пустоты, которые увеличивают абсорбцию воды. Было проведено много исследований по абсорбции воды упрочненными стекловолокном композитами, в результате которых было сделано заключение, что абсорбция воды снижает механические свойства, в том числе прочность на изгиб и несущую способность полимеров, применяемых для изготовления зубных протезов. Дефекты в межфазной смоле / материале усиливают взаимодействие при передаче нагрузки между волокном и матрицей. Кроме того, пустоты слабо пропитанных волокон становятся ретенционными точками в конструкции. Кислород может ингибировать полимеризацию полимерной матрицы, уменьшать несущую способность армирующей структуры и увеличивать поглощение воды, что вызывает ухудшение механических свойств [1,5].

Заключение.

1. Более чем 50% стекловолокон, используемых для армирования в стоматологии – это Е-стекловолокно. Данный тип стекловолокна представляет собой смесь аморфных фаз и оксида кремния, оксида кальция, оксида бария, оксида алюминия и некоторых оксидов щелочных металлов.

2. Распределение волокон стекла демонстрирует разные свойства, в зависимости от способа его применения. Либо эти волокна равномерно распределены, либо расположены в определенной зоне. Если стекловолокна распределены равномерно, то повышается усталостную прочность конструкции. Если стекловолокна расположены в одном месте, то они могут увеличить и жесткость, и прочность.

3. Состав стекла является важным фактором для гидролитической стабильности стекловолокна.

4. Физические характеристики композита на основе армированного стекловолокна и зуба аналогичны.

Литература

1. Abdul Samad Khan, Maria Tahir Azam, Maria Khan, Salman Aziz Mian, Ihtesham Ur Rehman. An update on glass fiber dental restorative composites: A systematic review// Materials Science and Engineering, 2015. – С. 26–39.

2. P. Magne, D. Cascione. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain, J. Prosthet. Dent. 96 (2006) 354–361.

3. G. Meric, J.E. Dahl, I.E. Puyter, Physicochemical evaluation of silica-glass fiber reinforced polymers for prosthodontic applications, Eur. J. Oral Sci. 113 (2005) 258–264.

4. D. Lukkassen, A. Meidell. Advanced materials and structures and their fabrication processes, Narvik University College, 2008.

5. L.V. Lassila, J. Tanner, A.M. Le Bell, K. Narva, P.K. Vallitu, Flexural properties of fiber reinforced root canal posts, Dent. Mater. 20 (2004) 29–36.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»
Департамент здравоохранения и социальной
защиты населения Белгородской области
Стоматологическая ассоциация России
Белгородская стоматологическая ассоциация

СТОМАТОЛОГИЯ СЛАВЯНСКИХ ГОСУДАРСТВ

Сборник трудов
XIV Международной научно-практической конференции



Белгород 2021