

УДК. 616.314-74-089.22:620.186:620.178.1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АДГЕЗИВНЫХ ШИНИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Новак Н. В., Старовойтова В. С.

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. Лечение пациентов с травмами зубов и комплексное лечение болезней периодонта, включая иммобилизацию подвижных зубов, продолжает оставаться одной из наиболее актуальных проблем современной стоматологии. Целью исследования было изучение микроскопического строения стоматологических шинирующих конструкций с различными по химическому составу армирующими лентами и определение показателей микротвердости на границе «лента – композит».

Материалами для исследования являлись образцы адгезивных шинирующих конструкций с различными по химическому составу лентами для армирования.

Результаты исследования шинирующих лент на неорганической основе с параллельно расположенными волокнами, которые были пропитаны смолой в заводских условиях, показали свое преимущество над ткаными и плетеными лентами и лентами без предварительной импрегнации адгезивом. Результаты определения показателей микротвердости среди исследуемых шинирующих конструкций показали, что наименьшая средняя величина микротвердости была у группы образцов на основе органической матрицы.

Установлено, что микротвердость и устойчивость к образованию трещин выше у шинирующих конструкций с армирующими лентами на основе стекловолокна, пропитанных в заводских условиях адгезивом.

Ключевые слова: микроскопическая структура, микротвердость, шинирующая конструкция, армирующая лента.

Введение. Основным методом иммобилизации зубов с патологической подвижностью является шинирование. В зависимости от срока использования шинирующей конструкции, шинирование бывает постоянным (ортопедические методы) и временным, или полупостоянным (терапевтические методы). Временное шинирование имеет ряд преимуществ перед ортопедическим, такие как скорость и простота изготовления, эстетичность, достаточная клиническая эффективность конструкции, что позволяет рекомендовать данную методику к широкому использованию в клинической практике в качестве не только альтернативной, но и самостоятельной методики [1].

В практике врача-стоматолога применяются армирующие материалы на основе органической (полиэтилен) и неорганической (стекловолокно) матриц. Изучение сравнительной эффективности клинического применения различных армирующих лент в составе шинирующей конструкции осуществ-

лялось как зарубежными, так и отечественными исследователями.

Исследования, которые были проведены в 2009 г. Shi L., показали, что армирование с применением лент позволяет увеличить модуль упругости и прочность на изгиб шинирующей конструкции, а ее повреждение в большинстве случаев происходит вдоль границы соединения ленты (на неорганической основе) и композита. Как следствие, армирующее волокно оказывается не защищенным слоем композиционного материала и подвергается гидролизу [2, 3].

Наряду с прочностью такое физико-механическое свойство, как твердость, также влияет на долговечность использования реставраций и конструкций в стоматологии. Данное понятие определяет способность предметов при контактных воздействиях сопротивляться пластической деформации или хрупкому разрушению в поверхностном слое при определенных условиях испытания. В соответствии с данными Международной ор-

ганизации технических норм и стандартов твердость как физико-механическое свойство включена в список обязательных показателей, характеризующих материалы, используемые в стоматологии [4–6].

Несмотря на проведенные ранее исследования физических и химических характеристик армирующих лент, ряд вопросов, касающихся микроскопической структуры армирующих лент, физических показателей прочности на границе соединения «лента–композит», остается не до конца изученным, следовательно требуется дальнейшая работа в этом направлении с целью повышения эффективности шинирования подвижных зубов при различных клинических ситуациях и нозологических формах заболеваний.

Цель работы — изучение микроскопического строения стоматологических шинирующих конструкций с различными по химическому составу армирующими лентами и определение показателей микротвердости на границе «лента–композит».

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили образцы адгезивных шинирующих конструкций с различными по химическому составу лентами для армирования. Все образцы были разделены на 10 групп по 10 шин в каждой. В восьми образцах в качестве армирующего компонента были использованы ленты на основе неорганической матрицы (стекловолокно): образцы № 1–2 — не плетеные ленты, пропитанные в заводских условиях адгезивом; образцы № 3–4 — плетеные ленты, не пропитанные в заводских условиях адгезивом; образцы № 5–8 — плетеные ленты, пропитанные в заводских условиях адгезивом. Также две ленты на основе органической матрицы (полиэтилен): образцы № 9 — плетеные ленты, не пропитанные в заводских условиях адгезивом; образцы № 10 — плетеные ленты, пропитанные в заводских условиях адгезивом.

На фантомной модели зубного ряда изготавливали шинирующие конструкции согласно инструкции производителя. Изучение структуры образцов осуществляли на световом микроскопе при увеличении $\times 50$; $\times 200$; $\times 500$ и $\times 1000$; исследование устойчивости шинирующей конструкции к механическому воздействию осуществляли на микротвердометре с нагрузкой на алмазную пирамиду 100 г в течение 15 с по методу Виккерса.

Исследования проводили в лаборатории металлофизики испытательного центра ГНУ «Институт порошковой металлургии» ИПМ НАН Беларуси.

Результаты и их обсуждение. Микроскопическое исследование образцов № 1 (не плетеная лента, пропитанная в заводских условиях адгезивом) показало однородную непрерывную структуру ленты без пор и пустот, состоящую из однонаправленных стекловолокон, распределенных с высокой плотностью на единицу объема. Контрастность образца выше таковой композиционного материала. Непрерывная граница «лента–композит» прослеживалась на всем протяжении без изменения характера распределения и толщины. Отмечена полная интеграция полимерной матрицы, обволакивающей волокна ленты, в композиционный материал.

Микроскопическое исследование образцов № 2 (не плетеная лента, пропитанная в заводских условиях адгезивом) выявило последовательность из параллельно ориентированных срезов волокон игольчатой формы с высокой плотностью размещения в единице объема ленты. Отмечено образование единого блока ленты с композиционным материалом со слабо отличающейся по оптическим свойствам границей перехода сред и равномерной интеграцией композита между волокнами. На продольных шлифах определены четко контурированные цилиндрические структуры, расположенные параллельно, с одинаковой оптической плотностью, схожей по светопроводимости с композиционным материалом, поры отсутствовали.

Микроскопическое исследование образцов № 3 (плетеная лента, не пропитанная в заводских условиях адгезивом) при увеличении $\times 200$ показало, что лента имеет выраженный характер плетения. На продольном шлифе при увеличении $\times 500$ и $\times 1000$ определяется однородная по строению центральная часть, состоящая из параллельно идущих стекловолокон. Периферическая часть состоит из одинаковых по размеру и расположению фрагментов волокон многоугольной формы, которые по направлению отличаются от элементов центральной структуры. Поверхностные волокна не были полностью интегрированы в полимер. Выраженная граница «композит–волокно» не определялась вслед-

ствии расслоения волокон периферического слоя, были видны отдельные поры.

Микроскопическое исследование образцов № 4 (плетеная лента, не пропитанная в заводских условиях адгезивом) выявило различный характер срезов волокон, отражающий тип плетения. По обе стороны от центральной части ленты имеются срезы волокон округлой формы, расположенные прерывисто на разном уровне с низкой плотностью. Определена неравномерная на всем протяжении, нечеткая граница «лента–композит», которая расслаивалась в некоторых местах. Композит полностью проник в межволоконное пространство шинирующей ленты, видны отдельные поры.

Микроскопическое исследование образцов № 5 (плетеная лента, пропитанная в заводских условиях адгезивом) обнаружило поры и пустоты, показало разнонаправленный характер срезов волокон, обусловленный типом плетения. Визуализировалась четкая граница «композиционный материал – лента», композит равномерно импрегнировал волокна.

Микроскопическое исследование образцов № 6 (плетеная лента, пропитанная в заводских условиях адгезивом) показало, что структура ленты представлена последовательностью из волокон одинаковой формы с низкой плотностью размещения на единицу объема, которая определяет характер плетения, показаны отдельные поры, расположенные между волокнами. Наблюдалась также интеграция полимера в пространствах между волокнами, что обусловлено пропитыванием структуры ленты в заводских условиях. Волокна имели оптическую плотность, схожую с таковой композиционного материала.

Микроскопическое исследование образцов № 7 (плетеная лента, пропитанная в заводских условиях адгезивом) выявило расположенные с высокой плотностью фрагменты, характер ориентации которых обусловлен переплетением стекловолокон. В пространстве между ними – неоформленные конгломераты, неоднородные по размеру и форме. Четкая граница «лента–композит» не отмечена, поры не выявлены.

Микроскопическое исследование образцов № 8 (плетеная лента, пропитанная в заводских условиях адгезивом) обнаружило

различный характер срезов волокон, что объясняется разнонаправленностью плетения. Различная оптическая плотность центральных и периферических фрагментов обусловлена срезом волокон с различной пространственной ориентацией, которая отражает тканый характер ленты, причем продольно идущие волокна по оптической плотности сопоставимы с композитом. Однако распределение света в поперечно расположенных волокнах отличается от оптических свойств композиционного материала. Граница «композиционный материал – лента» визуализировалась нечетко, в толще ленты пустоты и поры не определялись.

Микроскопическое исследование образцов № 9 (плетеные ленты, не пропитанные в заводских условиях адгезивом) выявило образования округлой формы, соответствующие единичным порам, на поверхности ленты определены разволокнения. В целом выявлена полная инкорпорация композиционного материала в волокна ленты. Однако, несмотря на полное пропитывание ленты адгезивом и последующую полимеризацию, отмечено разволокнение поверхностных слоев ленты в местах среза и полировки шлифа.

Микроскопическое исследование образцов № 10 (плетеные ленты, пропитанные в заводских условиях адгезивом) продемонстрировало неоднородную на всем протяжении структуру с единичными включениями в виде пор. Прерывистая граница «лента–композит» не имела четкого контура. Выявлено равномерное проникновение композиционного материала в структуру шинирующей ленты, отмечены единичные поры.

Результаты исследования устойчивости шинирующей конструкции к механическому воздействию на границе «армирующая лента – композит» показали, что средние показатели микротвердости образцов групп № 1 и 2 были наивысшими и составили $69,64 \pm 2,69$ кгс/мм² и $68,734 \pm 2,3$ кгс/мм² соответственно. Показатели микротвердости на границе «армирующая лента – композит» для образцов групп № 3–8 в среднем составили $56,6 \pm 1,8$ кгс/мм², $57,6 \pm 2,25$ кгс/мм², $60,27 \pm 1,15$ кгс/мм², $59,33 \pm 0,28$ кгс/мм², $59,99 \pm 0,97$ кгс/мм² и $57,92 \pm 1,64$ кгс/мм² соответственно.

Исследование микротвердости на границе «армирующая лента – композит» по-

казало, что средняя величина прочности образцов групп № 9 и 10 была приблизительно одинаковой и составила $52,04 \pm 1,54$ кгс/мм² и $52,41 \pm 1,44$ кгс/мм² соответственно. Вышеприведенные средние показатели микротвердости были наименьшими среди всех представленных образцов (различия статистически значимы по критерию Краскала – Уоллиса, $p < 0,001$).

Заключение. Результаты исследования шинирующих лент на неорганической основе с параллельно расположенными волокнами, которые были пропитаны смолой в заводских условиях, показали свое преимущество над ткаными и плетеными лентами и лентами без предварительной импрегнации адгезивом. Образцы продольных шлифов № 1, 2 и 6 при микроскопическом изучении показали хорошую инкорпорацию композиционной полимерной матрицы в объем лент. Расслоение периферического слоя не было выявлено, поры в толще структуры шины отсутствовали либо были единичными, что может быть обусловлено силанизацией стекловолокон, инкорпорированных в термопластичный полимер и светоотверждаемую композиционную матрицу. Оптические свойства лент на основе неорганической матрицы в образцах № 1, 2 и 6 были максимально схожи с композитом, покрывающим шину, по сравнению с другими образцами.

Результаты определения показателей микротвердости среди исследуемых шинирующих конструкций показали, что наименьшая средняя величина микротвердости была у группы образцов № 9 на основе органической матрицы и составил $52,04$ кгс/мм², наибольшая у образцов группы № 1 на основе

неорганической матрицы — $69,64$ кгс/мм² ($p < 0,001$).

Среди исследуемых образцов шинирующих конструкций микротвердость и устойчивость к образованию трещин выше у шинирующих конструкций с армирующими лентами на основе стекловолокна, пропитанных в заводских условиях адгезивом.

Таким образом, высокие параметры микротвердости могут расширить показания к клиническому использованию лент на основе неорганической матрицы (стекловолокна). Например, при шинировании передней группы зубов верхней челюсти в области окклюзионных контактов зубов на небной поверхности, а также при шинировании зубов верхней и нижней челюстей по вестибулярной поверхности (где увеличение толщины слоя композиционного материала может привести к эстетическим дефектам конструкции).

В то же время использование армирующих лент на основе органической матрицы (полиэтилена) возможно в областях, не несущих прямую окклюзионную нагрузку, где можно увеличивать толщину композиционного материала, который покрывает шинирующую конструкцию, расположенную, например, на язычной поверхности зубов нижней челюсти; небной поверхности верхних зубов при открытом и мезиальном типах прикуса; вестибулярной поверхности зубов, имеющих оральный наклон. Однако в приведенных выше вариантах следует использовать более толстый слой композиционного материала при перекрытии шины, для маскировки плетеной ленты и увеличения прочностных свойств конструкции.

Список цитированных источников

1. Новак, Н. В. Шинирование зубов в клинике эстетической стоматологии / Н. В. Новак // Стоматология. Эстетика. Инновации. — 2018. — Т. 2, № 1. — С. 67–74.
2. Wright, M. C. Bulk and microscale composition analysis / M. C. Wright // Failure Analysis Prevention / ed. : V. A. Miller [et al.]. — Materials Park, Ohio, 2021. — P. 85–91.
3. Shi, L. Structural optimization of the fibre-reinforced composite substructure in a three-unit dental bridge. / L. Shi, A. S. Fok // Dent. Mater. — 2009. — Vol. 25. — P. 791–801.
4. Влияние термовибрационного воздействия на прочностные характеристики композитных материалов, применяемых в стоматологии [Электронный ресурс] / А. А. Гушин, А. А. Адамчик, С. П. Рубникович [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. мед. навук. — 2022. — Т. 19, № 1. — С. 103–111. — Режим доступа: <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-1-103-11>. — Дата доступа: 18.05.2023.
5. Belli, S. Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques / S. Belli, A. Erdemir, C. Yildirim // International Endodontic J. — 2005. — № 38. — P. 1–7.
6. Effect of fiber position orientation on fracture load of fiber-reinforced composite / S. R. Dyer [et al.] // Dent. Mater. — 2004. — № 20. — P. 947–55.



The study of the adhesive splinting construction structure and their strength indicators

Novak N. V., Starovoitova V. S.

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus

A splint is a combination of elements whose effectiveness depends on the properties of the components separately and on the connections between them.

The aim of the study. To study the microscopic structure of the splint with different compositions of tapes and to determine the microhardness at the “tape-composite” boundary.

Materials of the study: samples of adhesive splinting constructions with different chemical composition of reinforcement tapes.

Results and discussion. Inorganic-based parallel-fiber tapes impregnated with resin in the factory showed their advantage over woven and braided tapes and tapes without prior impregnation with an adhesive. The results of microhardness values among the studied splinting constructs showed that the lowest average microhardness value was in the group of organic matrix-based specimens.

Conclusion. The microscopic examination of the slides showed that the tapes (glass fibers) with parallel fibers are similar to the composite in their optical properties. Microhardness and resistance to cracking are higher in splinting structures with fiberglass-based reinforcing tapes impregnated with factory-impregnated adhesive

Keywords: microscopic structure, microhardness, splinting structure, reinforcing tape.

Поступила 18.07.2023