

ИНГИБИРОВАННЫЙ КИСЛОРОДОМ СЛОЙ: АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И МЕТОДОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ИХ СВОЙСТВАМИ

Науменко М. А.

Научные руководители: ст. преп. Пстыга Е. Ю., ассист. Воробьева К. С.

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Резюме. Важность создания гладкой поверхности композитной реставрации для более высоких эстетических и механических характеристик диктует необходимость проведения удаления ингибированного кислородом слоя как первичного этапа в финишной обработке. Были отобраны методы: спиртовая обработка, механическая обработка ротационной щеткой, пастой, бором, а также воздушно-абразивная обработка, которые применялись на образцах фотоотверждаемых композиционных материалов. Проведена сравнительная оценка структуры поверхностей образцов контрольных и опытных групп. Полученные результаты показали, что наиболее эффективным методом удаления слоя является воздушно-абразивная обработка, а более экономически доступным и целесообразным – обработка ротационной сухой щеткой.

Ключевые слова: ингибированный кислородом слой, сканирующая электронная микроскопия, цифровая микроскопия, композиционные материалы, финишная обработка.

Актуальность. Ингибированный кислородом слой, он же дисперсионный, дисперсный слой, является побочным продуктом поверхностного контакта композиционного материала с кислородом атмосферного воздуха во время процесса полимеризации. В силу таких своих свойств, как рыхлость, липкость и ненаполненная структура [1], его наличие может вызвать налипание частиц абразива полировочных инструментов и паст в ямках и фиссурах смоделированной поверхности и негативно повлиять на качество этапов обработки реставрации. При динамическом наблюдении при его частичном сохранении отмечается уменьшение показателей поверхностной микротвердости, развитие дисколорита, что приводит к снижению эстетических и механических характеристик композиционного материала

[2]. Остаточные свободные мономеры дисперсионного слоя обладают токсичностью по отношению к тканям периодонта пери-реставрационного комплекса [3] и другим мягким тканям полости рта [4], а также потенциальной аллергенностью [5].

Цель: сравнение эффективности применения различных инструментов и методов удаления ингибированного кислородом слоя с поверхности фотоотверждаемых композиционных материалов после полимеризации в соответствии с их свойствами на основании микрофотографий сканирующей электронной микроскопии и цифрового сканирования.

Материалы и методы. Для создания образцов была смоделирована силиконовая форма материалом Elite HD+ Putty Soft Normal (Zhermack). В качестве композиционных материалов

было выбраны пакуемый универсальный материал G-aenial Posterior (GC) и текучий материал объемного внесения Filtek Bulk Fill (3M ESPE). Размер образцов составил 3 мм в высоту и 5 мм в диаметре.

Для удаления ИКС были выбраны методы: механическая обработка алмазным бором желтой маркировки, механическая обработка сухой ротационной нейлоновой щеткой, щеткой с пастой «ПолирПаст-D сухой блеск» (Omega-Dent), химическая обработка 70%-м раствором этилового спирта с экспозицией 5, 10 и 20 секунд и воздушно-абразивная обработка порошком Rhapsody Flow (NaHCO₃, 40 мкм). Эталонная поверхность образцов композиционных материалов, не подверженная кислородному ингибированию, была получена путем механического разлома отверждённых цилиндрических заготовок и отбора неповрежденных фрагментов. Все перечисленные образцы сканировались с помощью СЭМ (TeScan MIRA3, x100, x250, x500, x1000, x3000, x5000) и были разделены: 1-я контрольная с сохраненным ИКС, 2-я контрольная с эталонными образцами, основная

группа с обработанными образцами. Для определения толщины ИКС были изготовлены каплевидные образцы: композиционный материал сдавливался между предметным и покровным стеклами таким образом, чтобы воздух контактировал с ним только по периферии. Высокая степень прозрачности и малая толщина образцов (пакуемый материал – 0,31 мм, текучий – 0,05 мм) позволили провести сканирование (цифровой сканер KF-PRO 400, 0,25 мкм/пикс) и измерение толщины слоя в программе Aperio ImageScore инструментом «Ruler Tool» с последующей статистической обработкой данных.

Результаты и их обсуждение.

Статистически получено, что средняя толщина дисперсионного слоя составила $33,405 \pm 9,855$ мкм у пакуемого и $34,823 \pm 8,24$ мкм и текучего материалов соответственно. Анализ микрофотографий выявил, что в 1-й контрольной группе дисперсный слой визуализируется как аморфное и гомогенное покрытие, повторяющее текстуру за счет выступающих частиц наполнителя (рис. 1).

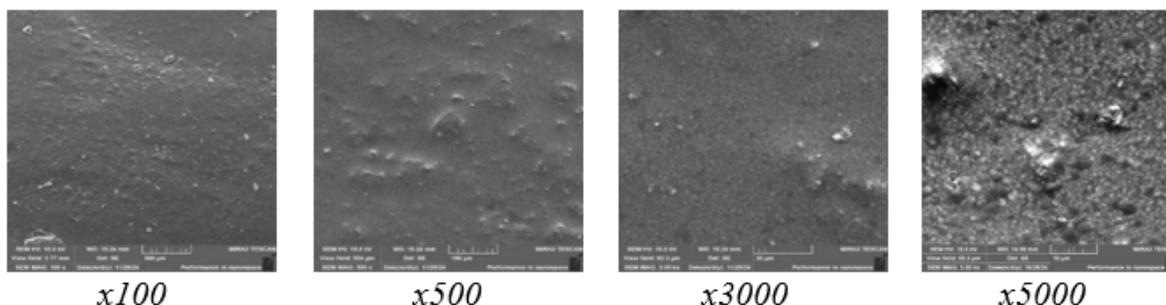


Рис. 1 – Микрофотографии 1-й контрольной группы, Bulk Fill

Во 2-й контрольной группе была выявлена деформация поверхности

текучего материала под механическим воздействием: на микрофотографиях,

независимо от увеличения, не удалось идентифицировать частицы наполнителя, наблюдается чешуйчатая структура органической матрицы, образовавшаяся при приложении силы на

изгиб и обусловленная повышенной эластичностью (рис. 2 а, б).

Для корректного сравнения с опытными группами при дальнейшем использовании микрофотографии материала G-aenial (рис. 2, в, г).

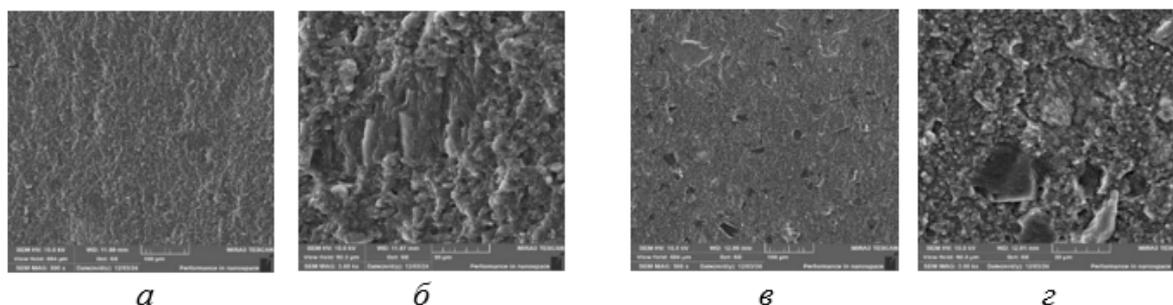


Рис. 2 – Микрофотографии 2 й контрольной группы
а) *Bulk Fill*: $\times 500$, б) *Bulk Fill*: $\times 3000$, в) *G-aenial*: $\times 500$, г) *G-aenial*: $\times 3000$

Обработка алмазным бором привела к полному, но неравномерному удалению дисперсного слоя и сопровождалась значительным повреждением поверхности (рис. 3).

Применение бора требует точного контроля оказываемого усилия и корректного подбора геометрии

рабочей части, что особенно затруднено для реставраций со сложной морфологией. Желтая маркировка соответствует размеру алмазных частиц 10–36 мкм по ISO и обуславливает высокий риск избыточного поверхностного удаления материала и нарушения окклюзионных контактов.

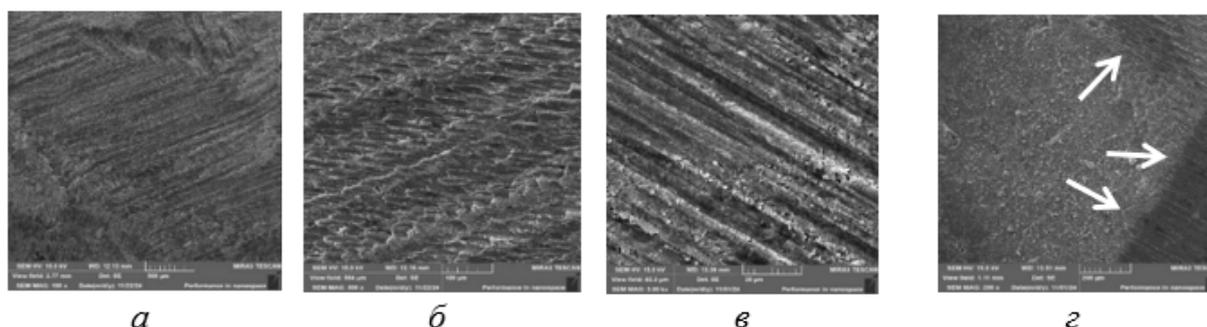


Рис. 3 – Микрофотографии основной группы: алмазный бор, G-aenial
а) $\times 100$, б) $\times 500$, в) $\times 3000$, г) Граница необработанного участка, $\times 250$

Химическое удаление ИКС с помощью раствора этилового спирта определено как неполное и неравномерное, при этом различное время экспозиции вещества существенно не повлияло на интенсивность растворения остаточных мономеров (рис. 4). После применения ротационной щетки с пастой при увеличении $\times 100$ определяется более равномерное и полное удаление дисперсного слоя по сравнению со спиртом (рис. 5, 4). Полировочная паста «ПолирПаст-Д сухой блеск» содержит алмазный субмикророшок фракцией 1,0–0,5 мкм в водорастворимой основе на основе полиэтиленгликоля-400 и полиэтиленгликоля-1500, что обеспечивает щадящий режим обработки поверхности и полное удаление её остатков водой. Продемонстрирована достаточная эффективность даже при использовании следовых количеств пасты.

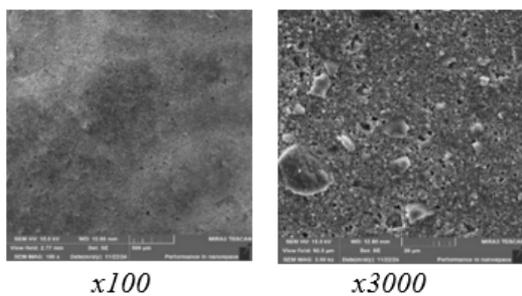


Рис. 4 – Микрофотографии основной группы: спиртовая обработка, G-

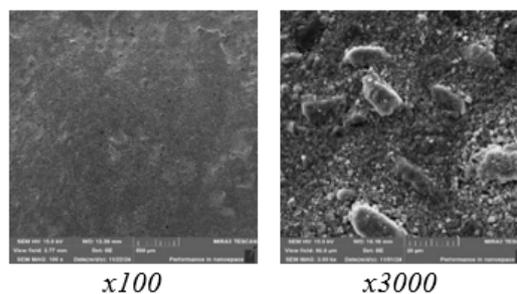


Рис. 5 – Микрофотографии основной группы: щетка и ПолирПаст-Д, G-aenail

По сравнению с использованием щетки и пасты, сухая ротационная щетка имела более и интенсивное механическое воздействие: поверхность образцов композиционного материала определяется как более сглаженная, не визуализируются частицы наполнителя, прослеживаются линии движения инструмента (рис. 6). Результаты полноты и равномерности удаления дисперсионного слоя при использовании обеих методик сопоставимы между собой, так как воздействие ограничено зоной контакта инструмента с поверхностью материала, однако метод сухой щетки, по нашему мнению, оказывает дополнительный положительный сглаживающий эффект для последующих этапов шлифовки и полировки композитной реставрации, а также является экономически более выгодным и доступным.

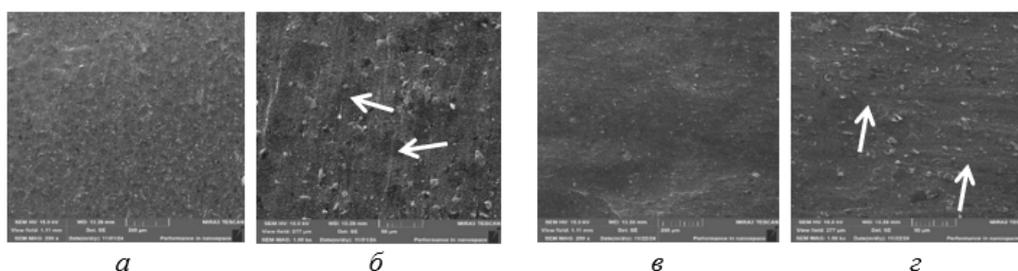


Рис. 6 – Микрофотографии основной группы: сухая щетка
а) Bulk Fill: $\times 250$, б) Bulk Fill: $\times 1000$, в) G-aenail: $\times 250$, г) G-aenail: $\times 1000$
Стрелками обозначены борозды от щетинок

После применения воздушно-абразивной обработки была отмечена наилучшая равномерность удаления ИКС (рис. 7). Поверхность образцов демонстрирует высокую степень однородности, близкую к показателям 2-й контрольной группы (рис. 2, в, г). Воздушно-абразивная струя охватывает большую площадь поверхности, позволяя обрабатывать труднодоступные области, например при реставрации апроксимальных поверхностей, а

также 1 класса по Блэку с фиссурами 2-го и 3-го порядка.

Несмотря на то, что размер частиц порошка (40 мкм) превышает размер абразивных частиц бора (10–36 мкм), метод не вызывает значительных механических повреждений поверхности.

Среди недостатков были отмечены экономическая затратность, а также необходимость использования дополнительных СИЗ.

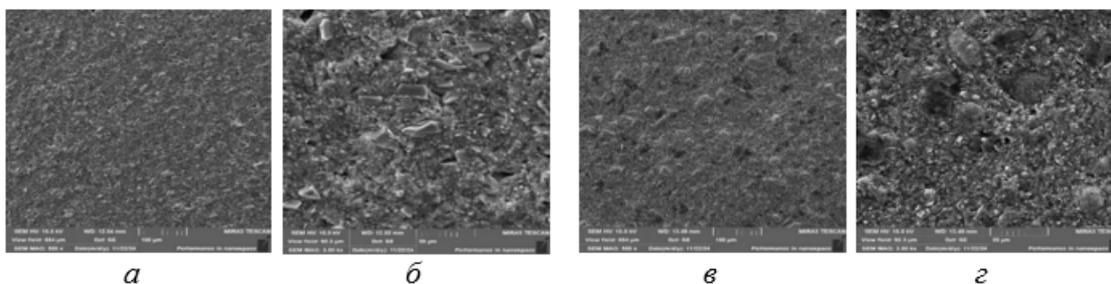


Рис. 7 – Микрофотографии основной группы: воздушно-абразивная обработка а) *G-aenial*: $\times 500$, б) *G-aenial*: $\times 3000$, в) *Bulk Fill*: $\times 500$, г) *Bulk Fill*: $\times 3000$

Выводы:

2. Удаление ИКС является обязательным этапом при финишной обработке поверхности реставрации из композиционного материала, что обеспечивает хорошие долгосрочные механические и эстетические характеристики.

3. Наиболее эффективным методом определен метод воздушно-абразивной обработки водорастворимым порошком, обеспечивающий наиболее полное и равномерное удаление

дисперсионного слоя с минимальной степенью повреждения. Однако метод является экономически невыгодным и затратным.

4. Обработка сухой нейлоновой ротационной щеткой и щеткой с водорастворимой пастой для обработки поверхности композиционного материала показали хорошие результаты равномерности и полноты удаления ИКС, являются простыми в исполнении, доступными, а также имеют экономическое преимущество.

Литература

1. Дедова, Л. Н. Особенности реставрации твердых тканей зубов у пациентов с болезнями периодонта : учеб.-метод. пособие / Л. Н. Дедова, Ю. Л. Денисова, А. С. Соломевич. – Минск : БГМУ, 2022. – 28 с.
2. Корневская, Н. А. Биосовместимость композиционных пломбирочных материалов / Н. А. Корневская // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2016. – Т. 15, № 3. – С. 7–17.

3. Николаев, А. И. Практическая терапевтическая стоматология : учеб. пособие / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. – 12-е изд. – Москва : МЕДпресс-информ, 2022. – 928 с.
4. Rohr, N. Influence of surface treatment and curing mode of resin composite cements on fibroblast behavior / N. Rohr, C. Baumann, S. Märtin [et al.] // Head & Face Medicine. – 2022. – Vol. 18, iss. 18. – P. 18–25.
5. Сравнительная характеристика средств, предотвращающих появление ингибированного слоя на поверхности композита / В. В. Таиров [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2018. – Т. 25, № 5. – С. 98–103.

INHIBITED LAYER: ANALYSIS OF THE EFFECT OF VARIOUS REMOVAL TOOLS AND METHODS ACCORDING TO THEIR PROPERTIES

Naumenko M. A.

*Tutor: senior lecturer Pstyga K. Y., assistant Vorobyova K. S.
Belarusian State Medical University, Minsk*

Resume. The importance of creating a smooth surface of the composite restoration for higher aesthetic and mechanical characteristics dictates the need to remove the oxygen-inhibited layer as the primary step in finishing. The following methods were selected: alcohol treatment, mechanical treatment with a rotary brush, paste, boron, as well as air-abrasive treatment, which were used on samples of photo-cured composite materials. A comparative assessment of the surface structure of the samples of the control and experimental groups was carried out. The results showed that air-abrasive treatment is the most effective method of removing the layer, and rotary dry brush treatment is more economically affordable and expedient.

Keywords: oxygen-inhibited layer, scanning electron microscopy, digital microscopy, composite materials, finishing.