https://doi.org/10.17116/rosstomat202619012134

Оценка увеличения ретенционной способности временных коронок, изготовленных методом 3D-печати, путем сандбластинга и кислотного травления

© Семен Давыдович Шнайдер[1], Наталья Сергеевна Нуриева[2], Виталий Александрович Фанакин[2]

[1]Стоматологическая поликлиника ЧУЗ «Клиническая больница "РЖД-Медицина" г. Челябинск», Челябинск, Россия;
[2]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск, Россия

РЕЗЮМЕ

Применение современных методов в стоматологии должно соответствовать серьезным требованиям на всех стадиях ортопедического лечения. Одним из таких этапов является изготовление временных конструкций. Развитие и распространение цифрового оборудования открывает большие возможности в медицине, и в стоматологии в частности, например изготовление искусственных временных коронок методом 3D-печати. Исследования проводились с помощью электронного микроскопа: анализировались образцы, напечатанные методом 3D- печати. В статье рассматриваются актуальные вопросы использования новых технологий для повышения качества услуг и улучшения ретенции временного цемента ортопедических конструкций.

Ключевые слова: *электронный микроскоп, микрорельеф, временные коронки, изготовленные методом 3D-печати.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Шнайдер С.Д. — https://orcid.org/0009-0008-9689-7073
Нуриева Н.С. — https://orcid.org/0000-0002-5656-2286
Фанакин В.А. — https://orcid.org/0009-0002-5860-2226
Автор, ответственный за переписку: Шнайдер С.Д. — e-mail: shnaider.semen@gmail.com

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Шнайдер С.Д., Нуриева Н.С., Фанакин В.А. Оценка увеличения ретенционной способности временных коронок, изготовленных методом 3D-печати, путем сандбластинга и кислотного травления. *Российская стоматология*. 2026;19(1-2):134–141. https://doi.org/10.17116/rosstomat202619012134

Evaluation of the retention capacity of 3D-printed temporary crowns using sandblasting and acid etching

© S.D. Schneider[1], N.S. Nuryeva[2], V.A. Fanakin[2]

[1]Dental Polyclinic of the Private Health Institution «Clinical Hospital “RZD-Medicine” in Chelyabinsk», Chelyabinsk, Russia;
[2]South Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk, Russia

ABSTRACT

The use of modern methods in dentistry must meet serious requirements at all stages of orthopedic treatment. One of these stages is the production of temporary structures. The development and spread of digital equipment opens up great opportunities in medicine, and in dentistry in particular, for example, the production of artificial temporary crowns using 3D printing. The research was conducted using an electron microscope, and the samples were analyzed using 3D printing. The article discusses the current issues of using new technologies to improve the quality of services and enhance the retention of temporary cement in orthopedic structures.

Keywords: *electron microscope, microrelief, temporary crowns made by 3D printing.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Schneider S.D. — https://orcid.org/0009-0008-9689-7073
Nuryeva N.S. — https://orcid.org/0000-0002-5656-2286
Fanakin V.A. — https://orcid.org/0009-0002-5860-2226
Corresponding author: Schneider S.D. — e-mail: shnaider.semen@gmail.com

TO CITE THIS ARTICLE:
Schneider SD, Nurieva NS, Fanakin VA. Evaluation of the retention capacity of 3D-printed temporary crowns using sandblasting and acid etching. *Russian Journal of Stomatology*. 2026;19(1-2):134–141. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/rosstomat202619012134

Актуальность

Актуальность и необходимость публикации статьи о повышении ретенционной способности временных коронок, изготовленных методом 3D-печати, при использовании сандбластинга и кислотного травления, обусловлены следующими факторами:

— *Развитие технологий 3D-печати в стоматологии*. В последние годы 3D-печать становится все более популярной и широко используемой технологией для изготовления временных и постоянных коронок благодаря своей точности, скорости и снижению затрат. Исследование эффективности методов повышения их удержания актуально для внедрения новых материалов и технологий.

— *Важность ретенционной способности временных коронок*. Надежное закрепление временных конструкций критично для обеспечения комфорта пациента, предотвращения смещения или выпадения, а также для сохранения функциональности и эстетики до установки постоянных протезов.

— *Методы улучшения адгезии*. Сандбластинг и кислотное травление являются проверенными методами повышения сцепления между поверхностью коронки и цементом. Исследование их эффективности именно в контексте 3D-печатных конструкций позволяет оптимизировать протоколы обработки поверхности.

— *Недостаточная исследованность вопроса*. Несмотря на широкое применение этих методов в традиционной стоматологии, их влияние на поверхность 3D-печатных материалов требует дальнейших научных данных. Публикация таких результатов поможет стандартизировать процедуры и повысить качество клинической практики.

— *Практическая значимость*. Полученные результаты могут напрямую применяться в клинической практике, способствуя повышению надежности временных коронок, что важно для повышения уровня стоматологической помощи.

Цель исследования. В исследовании на модельных образцах 3D оценить эффективность влияния различных клинических способов и лабораторных методов на микрошероховатость временных конструкций.

Введение

В настоящее время развитие цифровых технологий происходит семимильными шагами, начиная от нанотехнологий и заканчивая развитием всей медицины и стоматологии в частности [1]. Изготовление временных конструкций является неотъемлемым этапом изготовления ортопедических конструкций. Фиксация временных конструкций остается одним из значимых ортопедических этапов при изготовлении постоянных конструкций в центральном отделе, при изменении прикуса в результате разрушения или отсутствия жевательных зубов, жизнеспособности пульпы, состояния пародонта. Применение электронного микроскопа позволит оценить влияние клинических и лабораторных методов на микрошероховатость временных коронок, изготовленных методом 3D-печати. Для цифрового анализа изображений среди приборов, получивших в последнее время широкое распространение при проведении научных исследований, электронный микроскоп является наиболее важным [2, 3]. В последние годы с помощью электронного микроскопа активно проводятся различные исследования зубов [4, 5]. Применению этого прибора способствует то обстоятельство, что значительное количество объектов может быть обнаружено и изучено с полезным увеличением микрошероховатости [6]. Улучшение ретенции временных коронок, изготовленных методом 3D-печати, остается актуальной проблемой, определяющей качество фиксации временных конструкций.

Материалы и методы

Лабораторное исследование микроскопии проведено в ООО НПО «Промконтроль» (Челябинск, Россия). Исследования были произведены на высокоточном автоматическом микроскопе Veture Plus под видеоувеличением 90 крат **(рис. 1)** и на приборе MaSuft PS 10 **(рис. 2)** для измерения поверхности шероховатости.

Для изучения было изготовлено 9 образцов **(рис. 3)** на 3D-принтере из материала Dental Sand, длина 20 мм, ширина 6 мм, толщина 2 мм. В процессе электронной микроскопии и изучения микрорельефа случайным образом выбирался участок поверхности для сканирующей профилометрии.

Первый образец — контрольный (**рис. 4, а** — исследование под микроскопом, **см. рис. 4, б** — исследование на микрошерохватость), остальные образцы подвергались различным методам клинической и лабораторной обработки.

При клинической обработке 2-го образца ортофосфорной кислотой 37% «Травекс-37» производителя Omega Dent во время травления (20 с) не произошло практически никаких изменений. Незначительные изменения визуализируются на 3-м образце электронной микроскопии **(рис. 5)** и при изучении микрорельефа параметра Rz **(рис. 6)**. Обработка ортофосфорной кислотой 37% «Травекс-37» производителя Omega Dent, травление 120 с.

На 4-й образец нанесена плавиковая кислота (9,5% HF) Porcelain Etchant производителя Bisico, травление 20 с, на 5-й образец — плавиковая кислота Bisico (9,5% HF), травление 120 с. При анализе 5-го образца наблюдается видимое изменение поверхностного композитного слоя

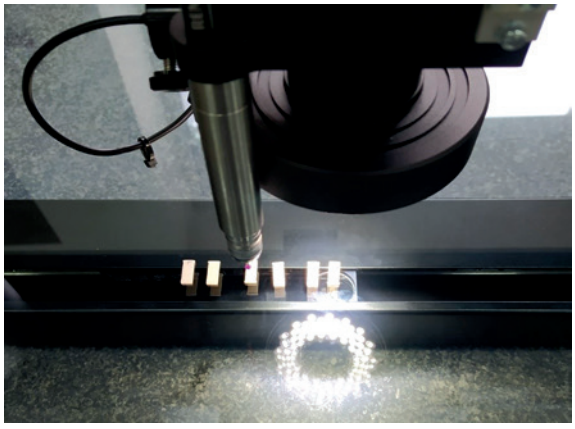


***Рис. 1*. Автоматический микроскоп Veture Plus.**
***Fig. 1*. Veture Plus Automatic Microscope.**

(рис. 7), изменение параметров Ra и Rz в меньшую сторону, Rmax — в большую строну **(рис. 8)**.

Образец 6-й обработан пескоструем (сандбластинг), клинический диаметр 50 мкм (евро-корунд), составная часть оксида алюминия 99,6%, приготовлен без примесей, аппарат AIR ABRASION MASTER, время обработки 10 с, давление 0,2 Bar. С применением электронного микроскопа можно визуализировать появление микрошероховатости **(рис. 9)**. При исследовании на микрошероховатость происходит увеличение параметров Ra, Rz и Rmax **(рис. 10)**.

На лабораторные образцы нанесен санбластинг от 50 мкм диаметра, на седьмой образец при помощи (песок для Emax) аппарата АСО3 5.2 У — пескоструйный аппарат «Аверон» (Россия), время обработки 10 с, давление 0,2 Bar, увеличение микрорельефа при электронном исследовании лабораторного образца по сравнению с клинической обработкой такого же диаметра, при исследовании на приборе MaSuft PS 10 **(рис. 11)**, увеличение параметров Ra, Rz и Rmax по сравнению с клиническим образцом 1 **(рис. 12)**.

При пескоструйной обработке 8-го образца (Сандбластинг) диаметром 110 мкм (Cobra), аппарат «Аверон», время обработки 10 с, давление 0,2 Bar, наблюдается изменение поверхностного слоя образца как при оптическом изучении **(рис. 13)**, так и при исследовании микрорельефа **(рис. 14)**.

Сандбластинг 9-го образца песком, состоящим на 96,6% из оксида алюминия, диаметром 250 мкм (Cobra), аппарат «Аверон», время обработки 10 с, давление 0,2 Bar, изменяет поверхность этого образца **(рис. 15)**, визуализируется выраженная рельефность во время изучения объекта **(рис. 16)**.

Методики изучения микроструктуры

Микроструктурный анализ — изучение поверхности при помощи световых микроскопов. Позволяет обнаружить существенные изменения микрорельефа, трещины и композитные включения. Напечатанные образцы из композитного материала Dental Sand рассматриваются в отраженном свете. Кроме световых микроскопов используются электронные микроскопы с большой разрешающей способностью. Изображение формируется при помощи потока быстролетящих электронов. Электронные лучи дают возможность различать объекты более детально, по своим размерам соответствуют межатомным расстояниям.

Просвечивающие микроскопы. Каскад электронов проходит сквозь излучаемый объект. Картинка есть результат разного рассеяния электронов на объекте. Отмечают непрямые и прямые исследования. При непрямом методе изучают не сам объект, а его отпечаток — слепок (реплику), отражающий рельеф микрошлифа, для предупреждения вторичного излучения. При прямом методе исследуют на просвет тонкую металлическую фольгу толщиной до 300 нм. Фольгу получают непосредственно из излучаемого металла.

Электронные (видеоизмерительные) микроскопы — это вариант оптического инструментария, который позволяет определить линейные и угловые размеры исследуемого объекта. Сканирование плоскости модели основано на считывании с электронных измерительных

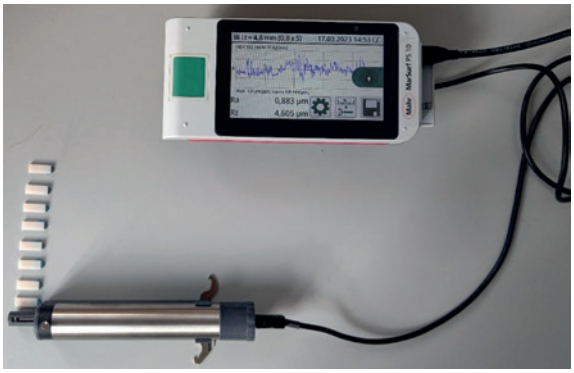


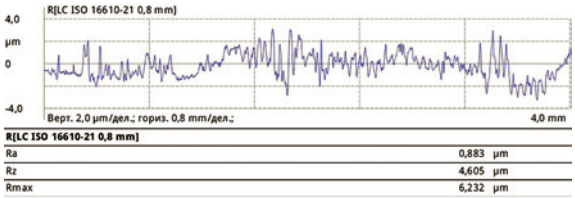
***Рис. 2*. Прибор MaSuft PS 10.**
***Fig. 2*. MaSuft PS 10 device.**



***Рис. 3*. Изготовленные 9 образцов.**
***Fig. 3*. 9 samples produced.**



а/a



б/b

***Рис. 4*. Исследования.**
а — под микроскопом; б — на микрошероховатость.

***Fig. 4*. Examination.**
a — under a microscope, b — on micro-roughness.

шкал отсчетов положения оптоэлектронного измерительного блока по осям X, Y и Z. Результаты измерений линейных и угловых размеров выводятся на экран персонального компьютера. Настройка и управление процессом измерений осуществляются с помощью джойстика персонального компьютера, используя ручную или автоматическую систему управления функциями. Видеоувеличение поверхности снимков возможно до 175 крат.

Прибор для измерений шероховатости MarSurf PS 10 применяется для определения шероховатости исследуемого микрорельефа. Шероховатость влияет на многие функциональные свойства поверхности: качество посадки, долговечность, контактную прочность, отражательную возможность, теплопередачу, адгезию и др. Работа прибора построена на методе ощупывания алмазной иглой и оценки шероховатости поверхности при механических колебаниях щупа, изменения напряжения и преобразования в микропроцессоре. Итоговые данные выводятся на жидкокристаллический дисплей (профилограмма и параметры шероховатости — Ra, Rz, Rmax). Выход за допустимые значения фиксируется на дисплее в протоколе фиксации значений. Для оценки шероховатости микрорельефа, опи-

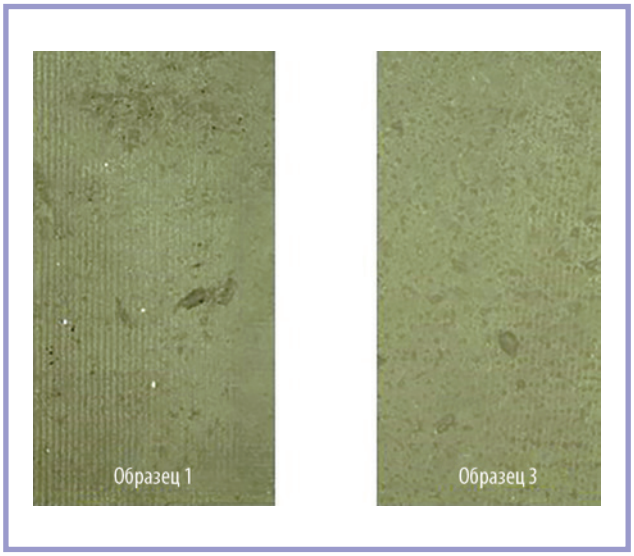


***Рис. 5*. Электронная микроскопия 3-го образца.**
***Fig. 5*. 3 sample electron microscopy.**

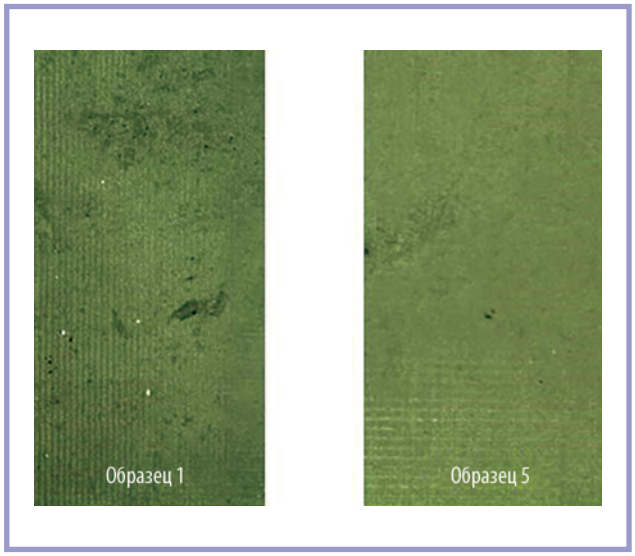


***Рис. 7*. Электронная микроскопия 5-го образца.**
***Fig. 7*. 5 sample electron microscopy.**

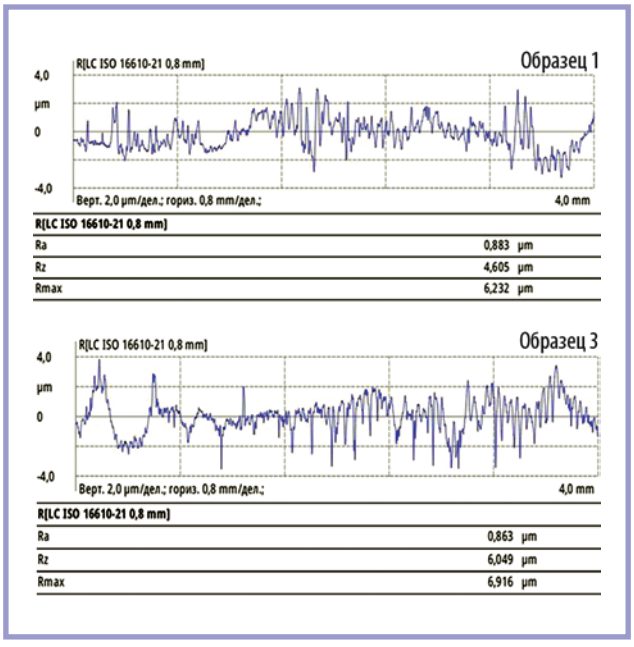


***Рис. 6*. Микрорельеф 3-го образца.**
***Fig. 6*. 3 microrelief sample.**

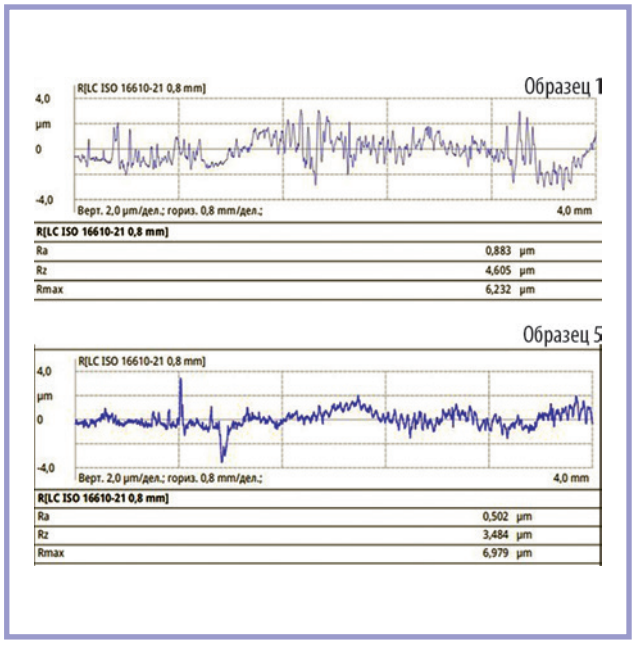


***Рис. 8*. Микрорельеф 5-го образца.**
***Fig. 8*. 5 microrelief sample.**

раясь на ГОСТ 2789—73, тождественный в нынешнее время, для нормирования требований к шероховатости поверхности стандартизовано три высотных параметра — Ra, Rz, Rmax. Параметр Ra характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля, Rz — среднюю высоту наибольших неровностей, Rmax — наибольшую высоту профиля. При стандартизации микрорельефа преимущественным предпочитается параметр Ra, который более точно, чем Rz и Rmax, отображает неровности профиля, поскольку определяется по всем точкам профиля. Параметры Rz и Rmax нормируют в тех случаях, когда по функциональным задачам нужно выделить полную высоту рельефа профиля, а также при отсутствии прямой возможности контроля параметра с помощью профилометров или образцов сравнения.

Результаты и обсуждение

В результате изучения профиля обработанной плоскости с применением сканирующего электронного микроскопа и прибора для измерения шероховатости были получены следующие результаты:

- Все исследуемые поверхности образцов представлены в виде электронных фотографий и профилограммы с числовыми значениями шероховатости относительно контрольного образца.
- Представлены клинические и лабораторные методы воздействия на образцы с минимальным и максимальным результатом изменения их шероховатой поверхности.
- Результаты вычисления значений Ra, Rz, Rmax для каждого образца приведены в **таблице**.

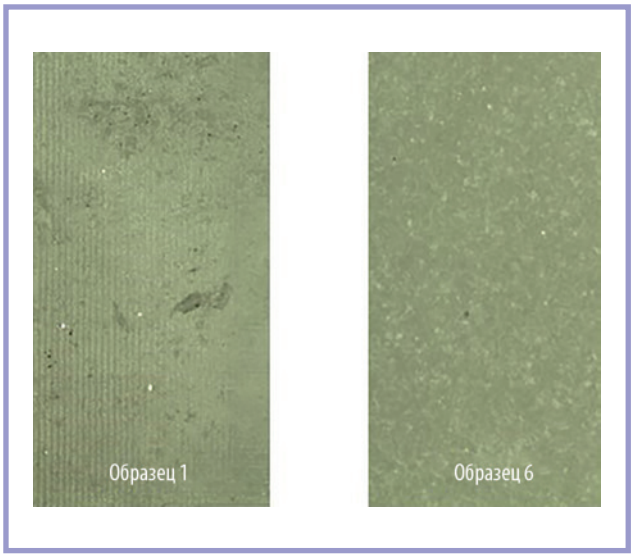


***Рис. 9*. Электронная микроскопия 6-го образца.**
***Fig. 9*. 6 sample electron microscopy.**

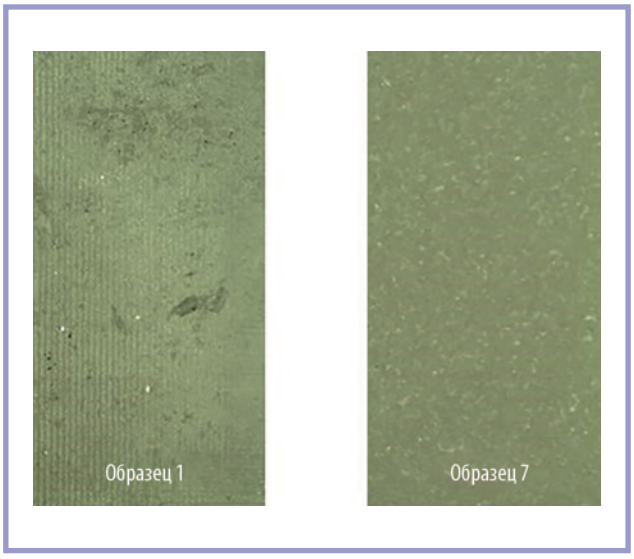


***Рис. 11*. Электронная микроскопия 7-го образца.**
***Fig. 11*. 7 ample electron microscopy.**

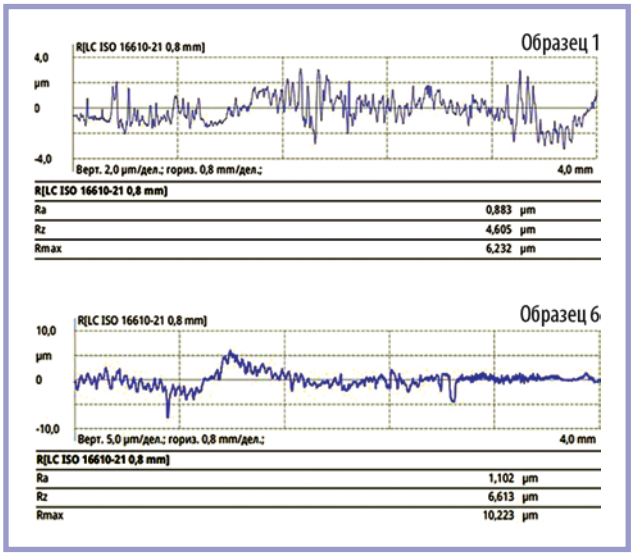


***Рис. 10*. Микрорельеф 6-го образца.**
***Fig. 10*. 6 microrelief sample.**

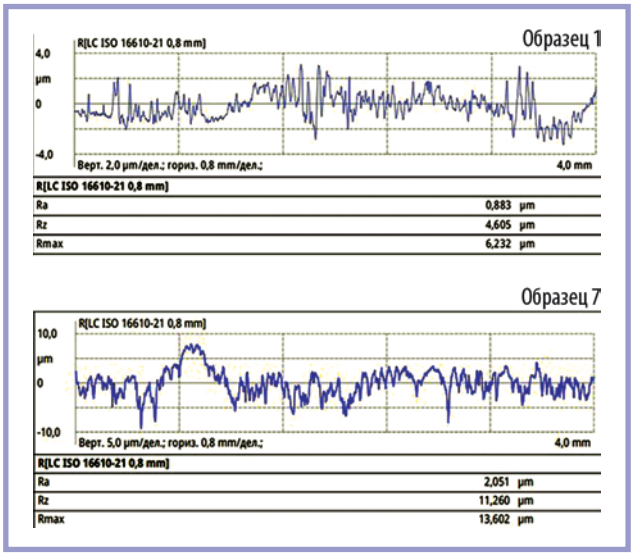


***Рис. 12*. Микрорельеф 7-го образца.**
***Fig. 12*. 7 microrelief sample.**

Результаты измерения шероховатости поверхности образцов, мкм

The results of measuring the surface roughness of the samples

Образец	Ra	Rz	Rmax
1	0,88	4,61	6,23
2	0,83	5,53	9,82
3	0,86	6,05	6,92
4	0,79	4,37	6,76
5	0,50	3,48	6,98
6	1,10	6,61	10,22
7	2,05	11,26	13,60
8	3,09	18,44	23,56
9	2,84	16,93	18,88

— Гистограммы распределения средних Ra и Rz шероховатости поверхности образцов приведены на **рис. 17, 18**.

Отдельный интерес представляет сравнение поверхностей клинической пескоструйной обработки диаметром 50 мкм (евро-корунд) (образец 6), лабораторной пескоструйной обработки 7-го образца диаметром 50 мкм (песок для Emax) (образец 7), сандбластинг 8-го образца диаметром 110 мкм (Cobra), (образец 8) и сандбластинг 9-го образца песком диаметром 250 мкм (Cobra), (образец 9) с опытным образцом 1.

На образцах поверхности 6, 7 и 8 отчетливо видно образование микрорельефа и увеличение параметров Ra, Rz, Rmax для улучшения ретенции временного цемента и конструкций методом 3D.

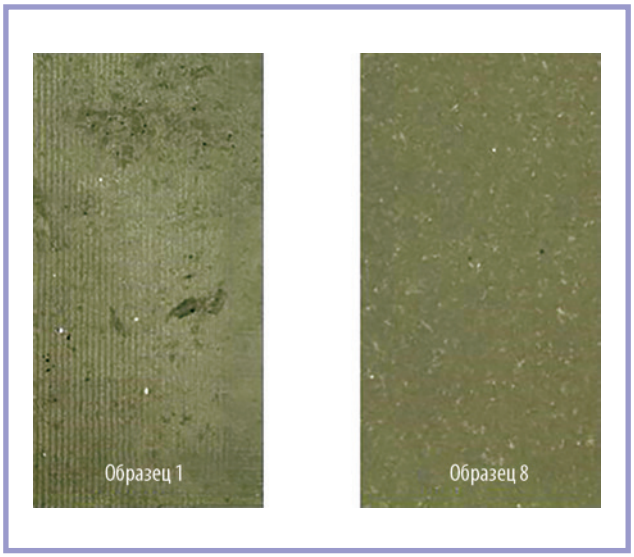


***Рис. 13*. Электронная микроскопия 8-го образца.**

***Fig. 13*. 8 sample electron microscopy.**

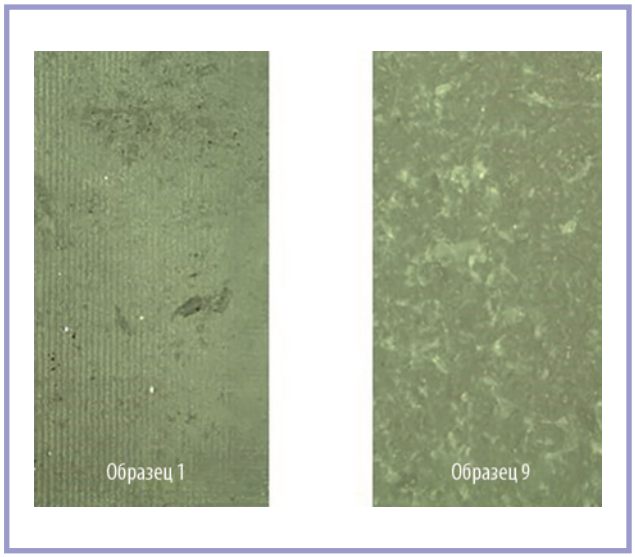


***Рис. 15*. Электронная микроскопия 9-го образца.**

***Fig. 15*. 9 sample electron microscopy.**

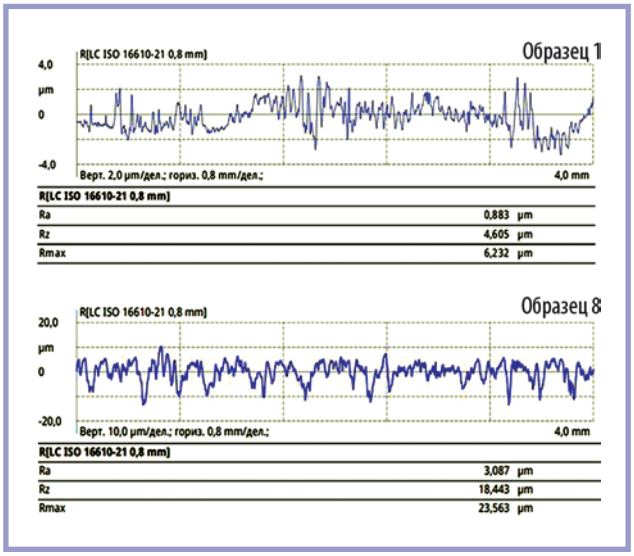


***Рис. 14*. Микрорельеф 8-го образца.**

***Fig. 14*. 8 microrelief sample.**

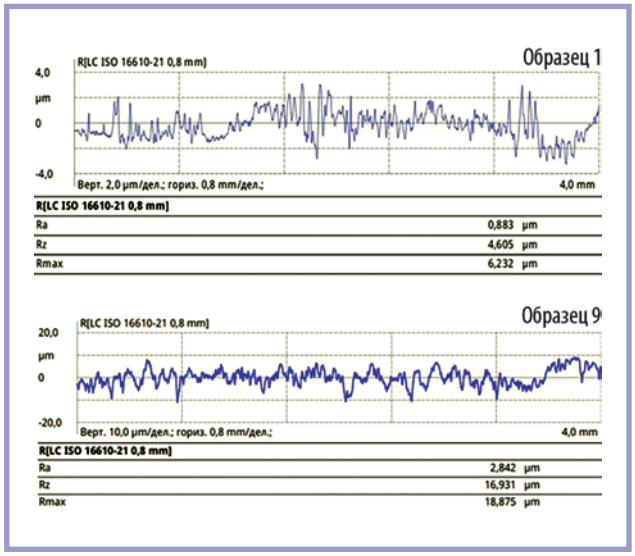


***Рис. 16*. Микрорельеф 9-го образца.**

***Fig. 16*. 9 microrelief sample**

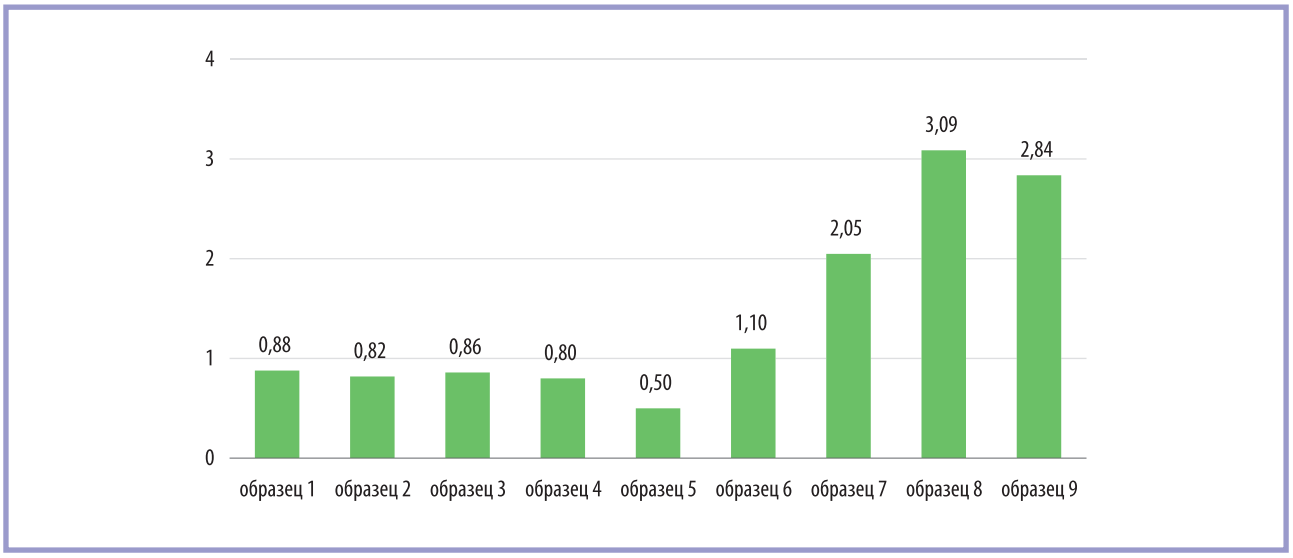


Рис. 17. **Результаты измерения параметров Ra шероховатости.**
Fig. 17. **Results of measuring Ra roughness parameters.**

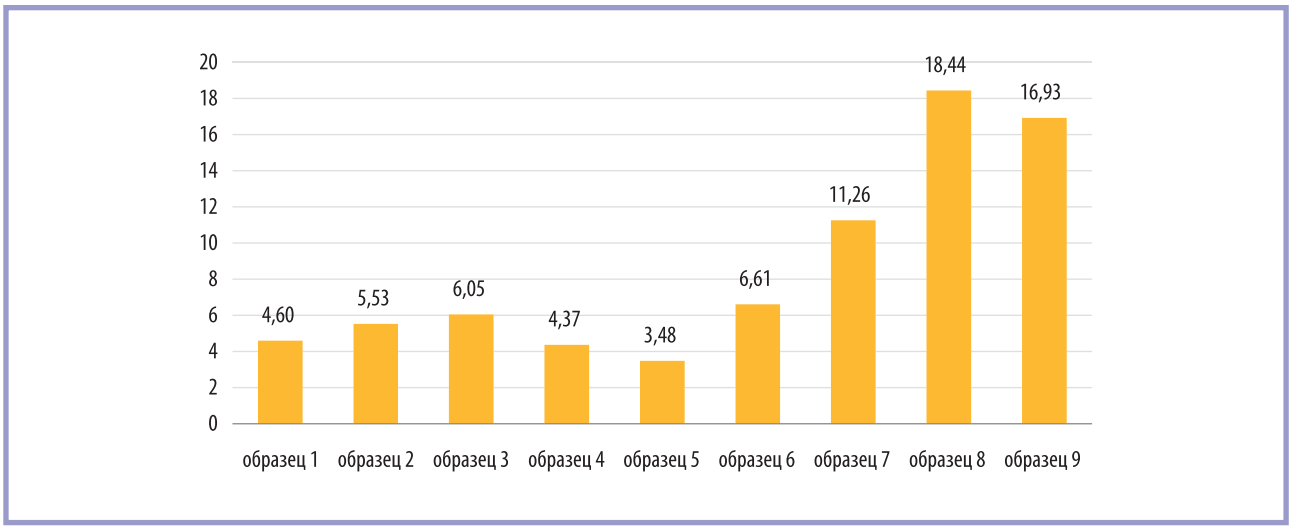


Рис. 18. **Результаты измерения параметров Rz шероховатости.**
Fig. 18. **Results of measuring Rz roughness parameters.**

На 9-м образце в сравнении с 6-м и 8-м образцами печати визуализируется более выраженная рельефность, что может увеличить связь между временным цементом и временными 3D-коронками.

Таким образом, клиническая обработка с помощью санбластинга с использованием аппарата Air abrasion master для улучшения ретенции является наиболее оптимальной на врачебном приеме. В лабораторных условиях оптимальной является пескоструйная обработка песком из оксида алюминия, желательно диаметром не ниже 110 мкм. При лабораторном сандбластинге песком диаметром 250 мкм микрорельефность более выраженная, чем при диаметре 110 мкм, и, возможно, ретенционная связь между временным цементом и временными 3D-коронками будет более прочная, что нуждается в дальнейшем изучении на практике.

Выводы

1. Выявлена зависимость между диаметром песка и появлением микрошероховатости на препарируемой поверхности.
2. Клиническая обработка ортофосфорной кислотой 37% «Травекс-37» (Omega Dent) и плавиковой кислотой (9,5% HF) Porcelain Etchant (Bisico), время протравления 20 и 120 с соответственно, оказывают незначительное воздействие на изменение поверхностного композитного слоя.
3. Минимальный профиль шероховатости образуется после обработки поверхности образцов оксидом алюминия 99,6%, диаметр 50 мкм.
4. Вследствие обработки сандбластингом большего диаметра образцов рельефность становится более вы-

раженной, при этом нельзя сделать окончательных выводов, что чем выше диаметр применяемого песка из оксида алюминия, тем лучше ретенция временного цемента к конструкции — такое заключение нуждается в дальнейшем изучении на практике.

5. Правильное решение, принимаемое при выборе параметров шероховатости поверхности образцов, а также методов обработки, обеспечивающих получение поверхностей с заданной шероховатостью, оказывает серьезное влияние на качество ортопедических коронок, ее технологичность и позволяет установить наиболее экономичные методы изготовления конструкций.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Будущее в 3D: как технологии меняют наше представление о медицине. Ссылка активна на 21.05.2023.
Budushchee v 3D: kak tekhnologii menyayut nashe predstavlenie o meditsine. Accessed May 22, 2023. (In Russ.).
https://www.m24.ru/articles/nauka/02112016/120896?utm_source=CopyBuf?utm_source=CopyBuf
2. Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия для материаловедения. М.: Техносфера, 2006.
Sindo D, Oikava T. Analiticheskaya prosvechivayushchaya elektronnaya mikroskopiya dlya materialovedeniya. M.: Tekhnosfera; 2006. (In Russ.).
3. Chen Y, Chen J. Optical Inspection System for Gear Tooth Surfaces Using a Projection Moire Method // Sensors Basel. 2019. Vol. 19(6). P. 1450.
https://doi.org/10.3390/s19061450
4. Глинкин В.В., Клемин В.А., Глинкина В.В. Особенности обработки корневых каналов при лечении хронических форм апикального периодонтита в стадии обострения. Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования / Под общ. ред. ГЮ Гуляева. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение»; 2019:125-138.
Glinkin VV, Klemin VA, Glinkina VV. Osobennosti obrabotki kornevykh kanalov pri lechenii khronicheskikh form apikal'nogo periodontita v stadii obostreniya. Innovatsionnoe razvitie: potentsial nauki i sovremennogo obrazovaniya / Pod obshch. red. G.Yu. Gulyaeva. — Penza: MTsNS «Nauka i Prosveshchenie», 2019:125-138. (In Russ.).
5. Глинкин В.В., Клемин В.А., Зайка Т.О., Иброхимов А.А. Изменения микроэлементного состава гиппокампа и твердых тканей зуба крысы в результате стрессового воздействия на организм // Стоматология. 2019. Т. 4. С. 14-18.
Glinkin VV, Klemin VA, Zaika TO, Ibrokhimov AA. Changes in the microelement composition of the hippocampus and hard tissues of the rat tooth as a result of stress effects on the body // Stomatologiya. 2019. Vol. 4. P. 14-18. (In Russ.).
https://dx.doi.org/10.26739/2091-5845-2019-4-2
6. Фульц Б. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов. М.: Техносфера, 2011.
Ful'ts B. Prosvechivayushchaya elektronnaya mikroskopiya i difraktometriya materialov. M.: Tekhnosfera, 2011. (In Russ.).

Поступила 26.01.2026
Received 26.01.2026
Принята к печати 24.02.2026
Accepted 24.02.2026