

*На правах рукописи*

**САЛЕЕВА ЛЯЙСАН РИНАТОВНА**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ  
КОНСТРУКЦИЙ**

**3.1.7. Стоматология**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание учёной степени**  
**кандидата медицинских наук**

**Казань – 2022**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель -** кандидат медицинских наук, доцент  
**Мустакимова Резеда Фаритовна**

**Научный консультант -** кандидат технических наук, доцент  
**Кашапов Рамиль Наилевич**

**Официальные оппоненты -** **Дубова Любовь Валерьевна,**  
доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Шемонаев Виктор Иванович,**  
доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Ведущая организация:** Академия постдипломного образования федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г. в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета 24.2.318.01 на базе Института «Медицинская академия имени С. И. Георгиевского» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» по адресу: 295051, г. Симферополь, бульвар Ленина, 5/7

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института «Медицинская академия имени С. И. Георгиевского» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» и на сайте [www.ma.cfuv.ru](http://www.ma.cfuv.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доцент

Кушнир К. Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Несмотря на проведение профилактических мероприятий, разработку эффективных методов лечения стоматологическая заболеваемость во всем мире остается на высоком уровне (Ерошенко Р. Э. и др., 2018; Зубкова А. А. и др., 2019; Рубникович С. П. и др., 2020; Наумович С. А. и др., 2021; Kassebaum N. J. et al., 2017). Распространенность стоматологических заболеваний, несвоевременное обращение за медицинской помощью, а иногда и некачественно оказанная помощь являются причинами образования дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов, требующих стоматологического протезирования (Лепилин А. В. и др., 2019; Радчук В. Б. и др., 2019; Афанасьева М. М. и др., 2020; Ахметов С. Е. и др., 2021). На сегодняшний день металлокерамические протезы нашли широкое применение в ортопедической стоматологии (Гажва С. И. и др., 2016; Куркина В. М., 2017; Сергиенко Е. А. и др., 2020). Они представляют собой конструкции, состоящие из прочного металлического каркаса, покрытого слоем искусственной керамики (Сергиенко Е. А. и др., 2020; Люкштед А. Р., 2021;). Однако, существует ряд проблем, связанных с качеством изготовления металлокерамических конструкций. Одним из частых осложнений после протезирования металлокерамическими зубными протезами является скол керамики. По локализации бóльшая часть сколов происходит на жевательной поверхности (46%) и пришеечной области (30,8%). Более того, по характеру разрушения значительную часть составляют сколы по типу «металл–фарфор» (69,2%) и «когезионное в фарфоре» (23,1%) (Алтынбеков К. Д. и др., 2017; Nan X. et al., 2018).

Увеличение адгезии керамических материалов сможет в значительной мере удлинить срок службы зубных протезов, уменьшить затраты пациента на стоматологическое здоровье, что в свою очередь повысит качество жизни пациентов. Одним из критериев хорошей адгезии является отсутствие примесей на двух сопоставляемых поверхностях. Если в отношении керамического покрытия этот вопрос находится на высокой стадии решения и зубному технику необходимо лишь соблюдать технологию нанесения массы на металлический каркас, исключив попадание загрязнений из окружающего пространства зуботехнической лаборатории, то в отношении предварительной подготовки самого металлического каркаса возникает ряд вопросов, требующих более глубокого изучения (Дикова Ц. Д. и др., 2018; Зайцева Н. В. и др., 2020). Наибольшая вероятность внедрения примесей может возникать при использовании технологии пескоструйной очистки, предварительного механического шлифования фрезами и финишной полировке.

К сожалению, последний этап не исключает возможности внедрения абразива в металлический каркас, что в последующем может оказаться причиной плохой локальной адгезии и вызвать скол керамической облицовки.

Некоторые исследователи связывают поломки металлокерамических зубных протезов с повышенной окклюзионной нагрузкой (Абакаров С. И. и др., 2018), но в настоящее время изготовление конструкций в артикуляторе, внедрение в клинику ортопедической стоматологии функциональных методов исследования, использование цифрового анализа при конструировании и профилактика чрезмерной нагрузки посредством использования капп, дает возможность исключить влияние окклюзионных нагрузок на поломки металлокерамических конструкций (Боловина А. Д. и др., 2017).

Тем не менее, поломки металлокерамических конструкций встречаются не редко. На сегодняшний день не существует высокоэффективных методов прямой починки металлокерамических протезов во рту, все поломки требуют повторного изготовления всей конструкции, что негативно влияет на морально-этические, финансовые и юридические взаимодействия клиники и пациента.

Таким образом, высокая распространенность поломок металлокерамических конструкций создает потребность проведения дальнейших исследований фундаментальных причин разрушения протезов и усовершенствования существующих методов изготовления.

В связи с этим актуальным является исследование причин, приводящих к сколу керамического покрытия и разработка методики, снижающей вероятность их возникновения.

**Степень разработанности темы.** Большинство исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященных восстановлению дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов металлокерамическими зубными протезами, в основном посвящено вопросам осложнений, затрагивающих качество препарирования, состояние опорных зубов, периапикальных тканей (Дубова Л. В. и др., 2015; Иорданишвили А. К. и др., 2018; Пархоменко А. Н. и др., 2018; Абакаров С. И., 2021; Вечеркина Ж. В. и др., 2021; Nejatidanesh F. et al., 2020; Rammelsberg P. et al., 2020; Saker S. et al., 2020). Одной из причин повторного обращения после протезирования металлокерамическими конструкциями могут быть сколы керамической облицовки (Li J. et al., 2017). В этой связи актуальным является поиск новых решений, направленных на увеличение силы сцепления в системе «металл-керамика». Отечественными учеными была создана рецептура модифицированного однофазового сплава палладия для металлокерамических зубных протезов с оптимальным содержанием основных элементов (Парунов В. А.

и др., 2017). Представляет интерес возможность изготовления металлокерамических зубопротезных конструкций методом селективного лазерного спекания (Степанов В. А. и др., 2021).

Отдельно можно отметить ряд работ, посвященных исследованию обработки сопрягаемых поверхностей. Так, Imbriglio S. I. et al. (2018) исследовали оксид алюминия и карбид кремния. Была показана отрицательная корреляция между приведенным размером порошка и адгезией. Кроме этого, форма, острота вершин и впадин микрорельефа, размер, глубина поверхностных дефектов и внутренних дефектов керамической облицовки определяли прочность материала. Однако, до настоящего времени не полностью изучены фундаментальные причины скола керамической облицовки, связанные, прежде всего, с силой сцепления разнородных материалов.

**Цель исследования:** повышение эффективности стоматологического ортопедического лечения металлокерамическими конструкциями.

**Задачи исследования:**

1. Изучить мнение врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов по использованию металлокерамических зубопротезных конструкций при восстановлении дефектов зубов и зубных рядов.

2. Исследовать структуру поверхности стоматологического металлического сплава после пескоструйной обработки, обработки фрезой и полировки.

3. Разработать новый способ обработки поверхности металлического каркаса при изготовлении металлокерамического протеза.

4. Сравнить силу адгезии керамического покрытия к поверхности металлического каркаса, обработанного традиционным и плазменно-электролитным способами.

5. Оценить частоту возникновения сколов керамической облицовки металлокерамических ортопедических конструкций, изготовленных традиционным и плазменно-электролитным способами на жевательном стенде с последующей клинической апробацией.

**Научная новизна.** Получены новые данные о взаимосвязи керамического покрытия с металлическим каркасом при изготовлении металлокерамических зубных протезов. Впервые показана зависимость между параметрами шероховатости поверхности металла и величиной напряжения адгезии керамики, возникающей на границе «сплав-керамическое покрытие». Установлено, что при пескоструйной обработке на обрабатываемой поверхности остаются частички абразива – оксид алюминия, а геометрия впадин и выступов - остроконечная.

Разработан метод плазменно-электролитной обработки и подобраны режимы формирования микрорельефа с заданными величинами параметров шероховатости, которые позволили увеличить величину напряжения адгезии на 183% по сравнению с традиционным методом. Экспериментальными исследованиями доказано, что адгезионные свойства на сдвиг зависят от величины параметра шероховатости и эта зависимость не линейна. Впервые показано, что влияние химической адгезии керамики с микрорельефом каркаса наблюдается косвенно и отражается лишь на абсолютной величине напряжения адгезии при сдвиге. На основании результатов морфологических и профилометрических исследований образцов проведена оценка локализации максимума напряжения адгезии в зависимости от шероховатости поверхности. Создана программа для определения режима плазменно-электролитной обработки металлической поверхности каркаса металлокерамических зубных протезов по заданной шероховатости.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Плазменно-электролитный способ обработки каркасов металлокерамических протезов до нанесения керамического покрытия позволяет регулировать шероховатость и исключить присутствие песка в структуре поверхности металлического каркаса. На основании вольтамперных характеристик плазменно-электролитного процесса подобраны режимы для получения заданных величин параметров шероховатости, которые позволили увеличить адгезию керамики к металлическим образцам до двукратного в сравнении с традиционным методом. Клиническая апробация разработанного метода показала улучшение качества изготовления металлокерамических зубных протезов, увеличение срока их эксплуатации. В конечном итоге, это привело к синергетическому эффекту повышения качества жизни стоматологических ортопедических пациентов при восстановлении дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов.

**Методология и методы исследования.** Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Теоретической и методологической основой диссертационного исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященных стоматологическому ортопедическому лечению дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов, осложнениям при использовании металлокерамических зубных протезов, материалы научно-практических конференций.

Объектом изучения стали стоматологическое ортопедическое лечение 163 пациентов, обратившихся из-за сколов керамической облицовки, 234 экспериментальных образца для оценки адгезии методом определения прочности на сдвиг и отрыв соединения, 516 анкет социологического опроса врачей-

стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов.

Диссертационная работа представляет собой прикладное научное исследование, решающее задачи оптимизации изготовления металлокерамических зубных протезов.

Методом сканирующей электронной микроскопии, профилометрическими исследованиями проведено изучение морфологии поверхности металлического сплава при различных методах обработки. Разработан метод обработки металлической поверхности стоматологических сплавов плазменно-электролитным способом, проведен анализ микрорельефа.

Анализ и обработка материала проведены на персональном компьютере с использованием общеизвестных статистических программ.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Пескоструйная обработка металлического каркаса после литья перед нанесением керамического покрытия является причиной внедрения частиц абразива – песка в структуру поверхности.

2. Разработанная технология обработки каркаса металлокерамического зубного протеза методом плазменно-электролитного формирования микрорельефа по своим возможностям превосходит традиционные способы обработки, а образующиеся за счет горения отдельных микрозарядов на поверхности впадины и выступы сферической формы способствуют снижению локальной концентрации напряжений.

**Степень достоверности и апробация результатов.** В данной работе для достижения цели и решения поставленных задач применялись современные методы экспериментальных, социологических, клинических исследований. В ходе работы изучались данные опроса врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов, которым были изготовлены металлокерамические зубные протезы. При статистической обработке материала использовались пакеты программ PASW и Statistica. Репрезентативность объема первичной документации явилась обоснованием достоверности выводов и основных положений диссертационного исследования.

Основные положения, составляющие основу работы, докладывались и были обсуждены на: межвузовской научно-практической конференции «3D-технологии в стоматологии: актуальные вопросы и перспективы» (Казань, 2015); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Эстетическая стоматология» (Казань, 2015); Всероссийской научно-практической конференции «Анестезия в стоматологии» (Казань, 2016); Международной научно-практической конференции «Современная эстетическая стоматология» (Казань,

2016); Всероссийской научно-практической конференции «Современная стоматология», посвящённой 125-летию профессора Исаака Михайловича Оксмана (Казань, 2017); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы 3D-визуализации и цифровых технологий в стоматологической практике» (Казань, 2017); Всероссийской научно-практической конференции «Современная эстетическая стоматология» (Казань, 2017); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные аспекты комплексной стоматологической реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области» (Краснодар, 2019); Международной научно-практической конференции «Современные аспекты комплексной стоматологической реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области» (Краснодар, 2019); Международной научно-практической конференции «Современные аспекты комплексной стоматологической реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области» (Краснодар, 2020); XII научно-практической конференции молодых ученых «Стоматология: наука и практика» (Москва, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы стоматологии» (Махачкала, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Эстетика улыбки», посвященной профессору М. З. Миргазизову (Казань, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии» (Казань, 2022); Международной научно-практической конференции «День высокой стоматологии в Республике Беларусь -2022» (Минск, 2022).

Апробация работы проведена на заседании научной проблемной комиссии по специальности «Стоматология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации 15 апреля 2022 года (протокол № 8).

Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедрах ортопедической стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Институте стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения



Российской Федерации, а также внедрены в лечебный процесс стоматологической поликлиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ООО «Стоматологическая поликлиника № 5» (г. Казань), ООО «Стоматологическая поликлиника № 9» (г. Казань), ООО «Зубная лечебница» (г. Казань), стоматологической поликлинике Института стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, КГБУЗ «Дальнереченская стоматологическая поликлиника» (г. Дальнереченск), КГБУЗ «Владивостокская стоматологическая поликлиника № 1» (г. Владивосток), ООО «Стоматологическая поликлиника «Рокада мед»» (г. Казань).

Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России (решение Ученого совета ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России от 29.11.2019 г., протокол № 4). Получено согласие на проведение научных исследований Локального Этического Комитета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, протокол заседания № 9 от 23 ноября 2021 года.

**Личное участие автора.** Автор принимал непосредственное участие в планировании и проведении исследований по всем разделам диссертационной работы. Автор организовал, провел и проанализировал результаты социологического исследования мнений врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов, которым были изготовлены металлокерамические зубные протезы. Автором лично изготовлены образцы для выполнения экспериментальных морфологических и профилометрических исследований. Проведена экспериментальная и клиническая апробация разработанного метода обработки каркасов на жевательном стенде и пациентах. Диссертантом подготовлены в соавторстве публикации, доля участия 90%.

**Публикации результатов исследования.** По материалам исследования опубликовано 16 печатных работ, из них 7 в журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в том числе 4 в международных базах цитирования. Получен 1 патент Российской Федерации на изобретение.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа содержит «Введение», «Обзор литературы», «Материал и методы исследования», две главы «Результаты собственных исследований», «Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации», «Список литературы» и «Приложения». Обзор литературы включает 176 источников, в том числе 111 отечественных и 65 иностранных авторов. Диссертация изложена на 178 страницах компьютерного текста. Цифровые данные сведены в 5 таблиц, иллюстративный материал представлен 95 рисунками.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Материал и методы исследования.** Диссертационная работа выполнена на кафедре ортопедической стоматологии ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России. Исследование включало в себя экспериментальную и клиническую части и состояло из следующих этапов:

I этап – анкетирование 218 врачей-стоматологов-ортопедов, 157 зубных техников и 141 пациента, которым восстановление дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов проводилось с использованием металлокерамических конструкций.

II этап – исследование структуры поверхности стоматологического металлического сплава, обработанного различными способами. Для достижения результата были изготовлены экспериментальные образцы из сплава на базе кобальта и хрома “I-bond NF” (Словения), которые впоследствии были обработаны 3-мя различными методами: полировка, обработка фрезой, пескоструйная обработка (размер гранул песка 50, 90, 125, 250 мкм). Поверхность образцов изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) “EVO 50 XVP” (Carl Zeiss) с системой зондового микроанализа, а также определялись параметры шероховатости поверхности образцов на профилометре TR-200 (TIME GROUP Inc., Китай).

III этап – разработка способа и определение оптимальных режимов обработки поверхности металлического каркаса плазменно-электролитным методом, позволяющего создать нужную шероховатость без загрязнения поверхности.

IV этап – сравнительная оценка силы адгезии (на сдвиг и отрыв) керамической облицовки к металлическим каркасам, обработанным традиционными и плазменно-электролитным способами.

V этап – оценка среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки 336 коронок,

изготовленных традиционным способом и при помощи плазменно-электролитной обработки, на «Стенде жевательных движений». Стоматологическое обследование 163 пациентов, обратившихся с жалобами на сколы керамической облицовки металлокерамических конструкций, в том числе 29 из них - повторное протезирование с использованием подготовки каркаса плазменно-электролитным способом.

**Результаты собственных исследований.** Из опрошенных врачей-стоматологов-ортопедов  $64,0 \pm 2,4\%$  часто применяли в своей клинической практике металлокерамические конструкции,  $28,0 \pm 2,2\%$  - не часто. При этом различные осложнения отметили  $47,7 \pm 2,5\%$  докторов, а из всех осложнений  $54,0 \pm 2,3\%$  приходится на скол керамической облицовки. В  $98,0 \pm 0,7\%$  случаев врачи оценивают толщину будущего керамического слоя на этапе припасовки металлического каркаса. Оценивают качество керамического покрытия на готовой металлокерамической конструкции  $86,0 \pm 1,7\%$  респондентов. В соблюдении алгоритма изготовления металлокерамических конструкций и рациональной работе зубного техника уверены  $61,8 \pm 2,4\%$  врачей.

Из опрошенных зубных техников  $57,8 \pm 2,5\%$  не приходилось переделывать металлокерамические конструкции из-за скола керамической облицовки. Качество металлического каркаса после отливки проверяют  $90,9 \pm 1,4\%$  зубных техников, при нанесении керамики  $73,6 \pm 2,2\%$  из них используют артикулятор. При пескоструйной обработке зубными техниками используется песок с разным размером частиц, однако,  $11,2 \pm 0,8\%$  опрошенных указали отсутствие знаний в данном вопросе. Следует отметить, что  $97,8 \pm 2,9\%$  опрошенных утверждают, что не допускают нарушений технологии при изготовлении металлокерамических ортопедических конструкций.

Среди возможных причин сколов керамической облицовки металлокерамических конструкций на первое место  $60,0 \pm 2,5\%$  зубных техников ставят качество сплава,  $27,30 \pm 1,2\%$  - несоблюдение пациентами рекомендаций врачей,  $9,1 \pm 0,8\%$  - некачественную работу врачей-стоматологов-ортопедов.

При анкетировании пациентов установлено, что чаще всего ( $55,5 \pm 2,5\%$ ) выбор ими металлокерамической конструкции обусловлен рекомендациями врачей, реже советами знакомых и собственным решением ( $10,6 \pm 1,5\%$  и  $31,0 \pm 2,3\%$  соответственно). При необходимости дальнейшего протезирования  $68,1 \pm 2,3\%$  респондентов выберут металлокерамические конструкции,  $85,1 \pm 1,8\%$  - отмечают значительное улучшение качества жевания и эстетического вида. Комфортность пользования металлокерамическими протезами подчеркнули  $78,7 \pm 2,0\%$  пациента.

Рекомендации врача после протезирования соблюдали  $78,7 \pm 2,6\%$

опрошенных пациентов. На вопрос о воздействии травматического фактора перед появлением скола керамического покрытия утвердительно ответили только  $2,1 \pm 0,7\%$  пациентов, а  $19,1 \pm 1,9\%$  указали в качестве ответа – «не помню».

Таким образом, большинство врачей-стоматологов-ортопедов ( $61,8 \pm 2,4\%$ ) при протезировании металлокерамическими конструкциями соблюдают алгоритмы клинических подходов, предпочитая командную работу с зубными техниками, выдерживающими требования технологического процесса.

При электронно-микроскопическом исследовании на поверхности образцов после полировки и обработки фрезой обнаруживаются неровности в виде канавок, сформированных абразивом полирующего инструмента и вращением фрезы соответственно (Рисунок 1).

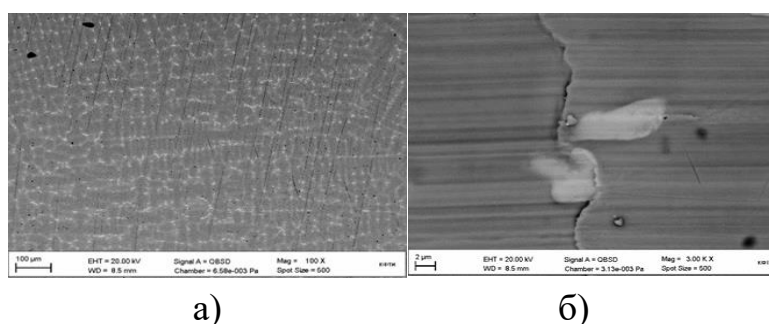


Рисунок 1 - СЭМ изображение образцов с полированной поверхностью (а) и обработанного фрезой (б)

Морфология поверхностей образцов после пескоструйной обработки с использованием песка дисперсностью 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм, 250 мкм очень развитая, имеет множество острых выступающих неровностей, сформированных в результате скольжения частиц песка по металлической поверхности, отмечаются включения частичек песка (Рисунок 2). Элементные составы, определенные с указанных площадей со включениями, указывают на наличие в структуре поверхности металлического каркаса оксида алюминия.

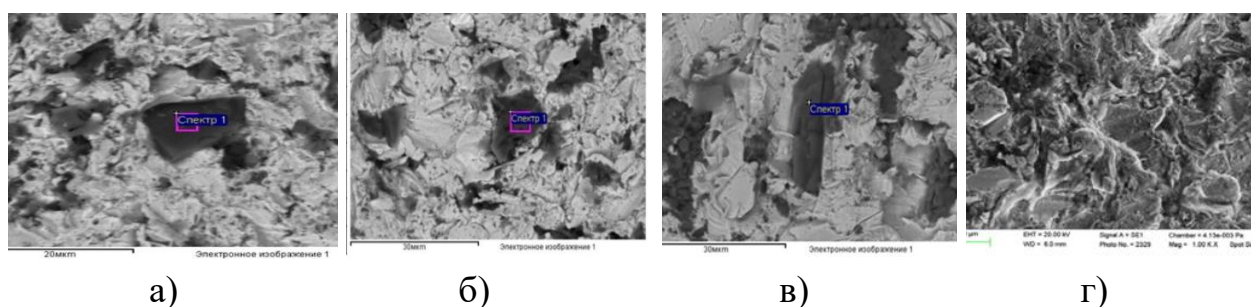


Рисунок 2 - СЭМ изображения поверхности металла после пескоструйной обработки с размером частиц 50 мкм (а), 90 мкм (б), 125 мкм (в), 250 мкм (г)

По кривой профилограммы полированных образцов определяются минимальные размеры шероховатости (Рисунок 3а). При обработке фрезой показатели шероховатости чуть выше (Рисунок 3б).

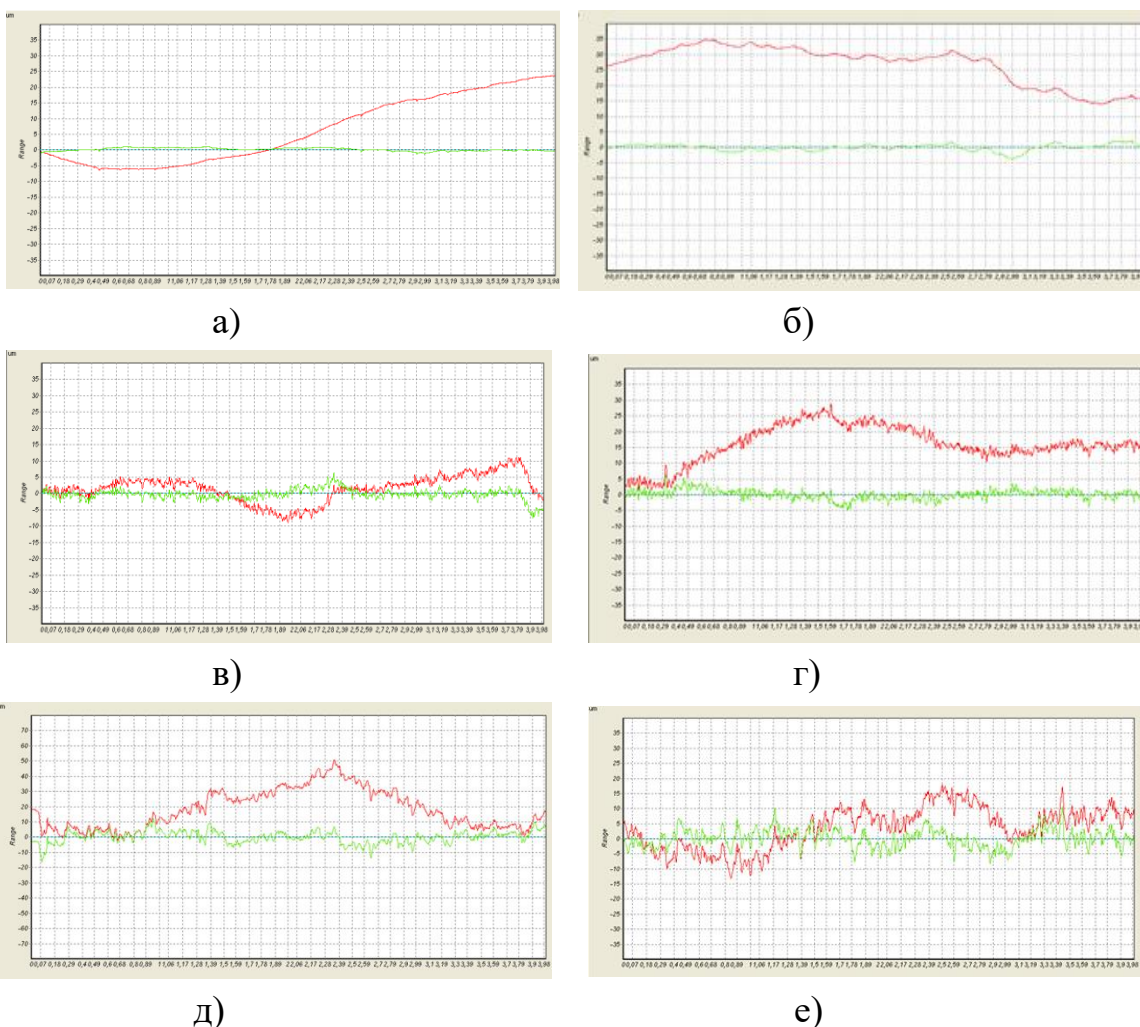


Рисунок 3 - Профилограмма поверхности полированного образца (а), образца, обработанного фрезой (б) и образцов, обработанных песком с размером частиц 50 мкм (в), 90 мкм (г), 125 мкм (д), 250 мкм (е)

Анализ профилограмм образцов после пескоструйной обработки с использованием песка дисперсностью 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм показывает отсутствие крупных выступов, которые могли бы явиться концентраторами напряжения и служить источником возникновения микротрещин на границе металл-керамика (Рисунок 3в-д). При обработке песком 250 мкм (Рисунок 3е) глубина наибольшей впадины составила 18 мкм, а высота наибольшего выступа – 8 мкм. При данном виде обработки достигаются максимальные параметры шероховатости  $R_a 3,291 \pm 0,439$  мкм,  $R_q 4,069 \pm 0,962$ . Чем больше частицы песка, тем более выражен рельеф поверхности металла.

Таким образом, пескоструйная обработка металлических каркасов способствует внедрению на поверхность металла частичек песка.

В рамках исследования был применен метод плазменно-электролитной обработки поверхности для формирования микрорельефа путем локального оплавления поверхностного слоя электрода при горении газовых разрядов и определены оптимальные его режимы. Для выполнения данной задачи нами создана экспериментальная установка, на которой плазменно-электролитная обработка проводилась в режимах: 1) когда разряд зажигался на аноде, 2) когда разряд зажигался на катоде. При обработке в анодном режиме не достигались необходимые параметры шероховатости, наблюдалось постепенное растворение металла. Обработка в катодном режиме дала возможность формировать микрорельеф поверхности кобальтохромового сплава и получать различные структуры. Проанализировано, что 3% раствор хлорида натрия является наиболее оптимальным и не приводит к расплавлению образца (как с 5% концентрацией раствора). А использование 1% раствора требует более высоких значений напряжения. Для 3% раствора обработку образцов для создания шероховатости проводили в диапазоне от 120 до 200 вольт. По режимам были определены напряжение, температура и получаемая шероховатость. Таким образом была выработана карта программы подбора режимов плазменно-электролитной обработки для получения необходимой шероховатости (Рисунок 4).

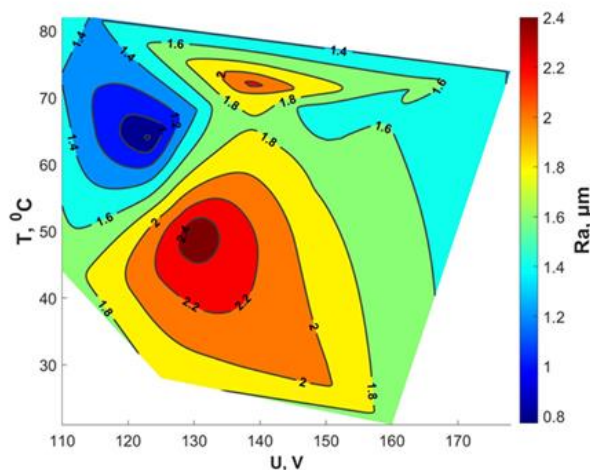


Рисунок 4 - Распределение шероховатости от напряжения и температуры электрода

По результатам сканирующей электронной микроскопии образца, обработанного плазменно-электролитным методом, наблюдается пористая структура, выступы имеют сферическую форму (Рисунок 5а). Поверхность, получаемая данным способом, по морфологии кардинально отличается от стандартных методов обработки отсутствием острых выступов, которые в дальнейшем при нанесении керамики могут выступать концентраторами



напряжения и приводить к сколу керамики при циклических нагрузках. При изучении поверхности методом профилометрии определяются рельефные параметры шероховатости, показатели приближены к образцу с пескоструйной обработкой 90 мкм (Рисунок 5б).

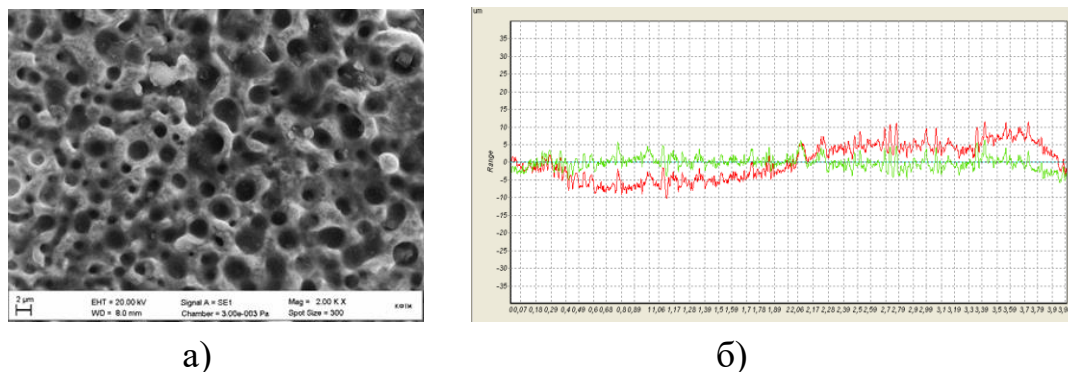


Рисунок 5 – СЭМ изображение (а) и профилограмма (б) поверхности металла после плазменно-электролитной обработки

Сравнение параметров шероховатости стандартных методов обработки поверхности с плазменно-электролитным формированием микрорельефа показывает, что данный метод по своим возможностям превосходит способ пескоструйной обработки, обработки фрезой и полировки поверхности. Таким образом, регулируя параметры процесса обработки можно получать требуемую шероховатость поверхности.

По анализу силы сцепления керамического покрытия с металлическим каркасом в экспериментах на сдвиг лучшие показатели напряжения адгезии определялись в образцах с пескоструйной обработкой размером частиц 90 мкм и составили  $3,75 \pm 1,24$  МПа, в то время как в образцах с плазменно-электролитной обработкой данный показатель -  $8,35 \pm 0,21$  МПа. В других группах традиционного метода изготовления результаты были достоверно ниже.

Лучшие показатели на отрыв были при плазменно-электролитной обработке:  $30,11 \pm 0,42$  МПа при  $Ra$   $1,414 \pm 0,026$ . Зависимость между параметрами шероховатости поверхности и величиной напряжения адгезии оказалась нелинейной, что коррелирует с результатами других авторов (Beuer F. at all., 2009; Budhe S. at all., 2015). Таким образом, при пескоструйной обработке на поверхности остаются частички абразива – песок, геометрия впадин и выступов остроконечная, а при плазменно-электролитной обработке поверхность металла чистая, геометрия впадин и выступов имеет сферическую форму, что позволяет снизить локальную концентрацию напряжения.

Исследования по циклической нагрузке на «Стенде жевательных движений» показали, что из 168 коронок скол облицовки до уровня каркаса произошел у 6,5% коронок, изготовленных традиционным способом. У коронок, металлический каркас которых был подвергнут плазменно-электролитной обработке, скол произошел на 1 коронке из 168.

При анализе результатов изучения медианы возникновения сколов керамической облицовки металлокерамической коронки в эксперименте определили, что у 7 коронок из 11 (63,6%), изготовленных традиционным способом, медиана циклов жевательных движений составила 15936 [7425; 35707], у 3 – 262036 [73825; 360935] циклов и одна коронка сломалась через 754368 жевательных циклов. Скол керамической облицовки коронки, изготовленной при помощи плазменно-электролитной обработки, произошел на 372963 цикле жевательных движений.

Каркасы металлокерамических коронок, у которых произошли сколы керамической облицовки, изучали на СЭМ. На поверхности каркаса обнаружены предположительно частицы порошка для пескоструйной обработки.

Проведено стоматологическое обследование 163 пациентов, обратившихся с жалобами на скол керамической облицовки металлокерамических конструкций, из них 29 пациентам были изготовлены металлокерамические зубные протезы с заменой этапа пескоструйной обработки металлического каркаса на метод плазменно-электролитной обработки. Таким образом, плазменно-электролитный способ обработки металлического каркаса позволяет сформировать поверхность, свободную от включений абразива - частичек песка, что продлевает срок службы металлокерамических конструкций.

## **ВЫВОДЫ**

1. При изучении мнения врачей-стоматологов-ортопедов установлено, что большинство из них ( $61,8\% \pm 2,4$ ) при протезировании металлокерамическими конструкциями соблюдают алгоритмы клинических подходов, предпочитая командную работу с зубными техниками, выдерживающими требования технологического процесса. Из всех осложнений после протезирования металлокерамическими протезами  $54,0 \pm 2,3\%$  случаев приходится на сколы керамической облицовки. Причину возникновения сколов  $60,0 \pm 2,5\%$  зубных техников связывают с качеством сплава,  $78,7 \pm 2,6\%$  пациентов следуют рекомендациям докторов.



2. Пескоструйная обработка металлического каркаса формирует рельеф шероховатости Ra  $1,037 \pm 0,119 - 3,29 \pm 0,439$ , но внедряет на поверхность металла частички песка  $Al_2O_3$  различных размеров от 150-300 нм, определяемые сканирующим электронным микроскопом.

3. Плазменно-электролитный способ обработки металлического каркаса металлокерамических зубных протезов при катодном режиме напряжения 120 – 200В в электролите 3% раствора натрия хлорида способствует образованию чистой поверхности без включения частичек песка.

4. Максимальная сила сцепления керамического покрытия с металлическим каркасом установлена у образцов, обработанных плазменно-электролитным способом. Среднее значение предельных напряжений при этом составило  $30,11 \pm 0,42$  и  $8,35 \pm 0,21$  Мпа на отрыв и сдвиг соответственно при показателе шероховатости Ra  $1,414 \pm 0,026$ . Из традиционных методов лучшие показатели у образцов с пескоструйной обработкой с размером частиц 90 мкм – среднее значение предельных напряжений  $19,94 \pm 0,8$  Мпа (на отрыв),  $3,75 \pm 1,24$  Мпа (на сдвиг) при Ra  $1,328 \pm 0,165$  Мпа. Установлена нелинейная зависимость силы сцепления керамического покрытия и шероховатости металлического каркаса.

5. Экспериментальными исследованиями доказано улучшение адгезии между керамикой и металлом: скол керамической облицовки произошел в 0,6% случаев при обработке плазменно-электролитным способом по сравнению с 6,5% при традиционном методе. У 63,6% коронок, изготовленных традиционным способом, медиана циклов жевательных движений, на которых произошел скол, составила 15936 [7425; 35707], у 27,3% – 262036 [73825; 360935] циклов и одна коронка сломалась через 754368 жевательных циклов. Химический состав частиц, обнаруженных на поверхности каркаса коронок, изготовленных традиционным методом, даёт возможность предположить, что это частицы песка для пескоструйной обработки, наличие которых, возможно, и является причиной скола керамической облицовки.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При протезировании с применением металлокерамических конструкций необходимо учитывать все возможные причины сколов керамического покрытия, зависящие от технологического процесса, клинических этапов и мотивации пациента.

2. При пескоструйной обработке металлических каркасов металлокерамических конструкций, изготавливаемых традиционной методикой,

рекомендуется использовать песок размером 90 мкм для получения лучшего качества сцепления керамического покрытия с металлическим каркасом.

3. Для оптимизации изготовления металлокерамических конструкций рекомендуется использовать плазменно-электролитную обработку поверхности металлического каркаса с целью создания оптимальной шероховатости, рельефа со сферической геометрией впадин и выступов для минимизации концентрации напряжения между металлическим каркасом и керамической облицовкой и исключения присутствия песка в структуре металлического каркаса.

4. После очистки металлического каркаса от формовочной массы песком с размером частиц 250 мкм необходимо проводить тщательную очистку паром для удаления с поверхности каркаса макрочастиц.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Мустакимова, Р. Ф., Салеева Л. Р. Влияние окклюзионной перегрузки на формирование пародонтальных очагов в области опорных зубов мостовидных протезов / Р. Ф. Мустакимова, Л. Р. Салеева // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов, посвященный 120-летию основателя кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессора И. М. Оксмана. Казанский государственный медицинский университет. – Казань, 2012. - С. 199-202.

2. Кашапов, Р. Н. Исследование поверхности металлических конструкций ортопедических протезов после пескоструйной обработки / Р. Н. Кашапов, Л. Р. Салеева, И. И. Сагитов // Всероссийская межвузовская конференция «Актуальные вопросы применения 3D-технологий в современной стоматологической практике, посвященная 80-летию профессора М. З. Миргазизова. Сборник научных статей. - Казань, 2015. – С.169-173.

**3. Салеева, Г. Т. Исследование возможности замены пескоструйной обработки на плазменно-электролитный процесс при изготовлении металлокерамической коронки / Г. Т. Салеева, Л. Н. Кашапов, Р. Н. Кашапов, Л. Р. Салеева // Стоматология. - 2016. - Т. 95. - № 6-2. - С. 111-112.**

4. Хайруллова, Д. К. Анализ эффективности получения окклюзиограмм различными методами у пациентов с несъемными ортопедическими конструкциями / Д. К. Хайруллова, Г. Т. Салеева, Э. З. Якупов, Л. Р. Салеева // В сборнике: Здоровье человека в XXI веке. Сборник научных статей. – Казань, 2016. -0 С. 176-181.

**5. Saleev, R. Metal constructions surface of orthopedic dentures investigation after sand-blast finish / R. Saleev, L. Saleeva, R. Kashapov, G. Saleeva // International Dental Journal. - 2017. - Т. 67. - № S1. - P. 197.**

**6. Saleeva, L. Comparison of the results of electrovibratography and MRI in TMD patients / L. Saleeva, G. Saleeva, D. Sabirova, I. Sagitov, R. Saleev // International Dental Journal. - 2017. - Т. 67. - № S1. - P. 177.**

7. Салеева, Л.Р. Применение металлокерамических коронок в клинике ортопедической стоматологии (обзор литературы) / Л. Р. Салеева, Р. Н. Кашапов // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору И. М. Оксману. – Казань, 2018. - С. 368-374.

8. Салеева, Л. Р. Обработка поверхности кобальтохромовых сплавов в плазменно-электролитных системах / Л. Р. Салеева, Р. Н. Кашапов, Д. В. Чернышев // Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий. - 2019. - Т. 1. - № 10. - С. 483-486.

**9. Saleeva, L. R. Changes in the CoCr alloys surface relief during plasma electrolytic treatment / R. N. Kashapov, L. N. Kashapov, N. F. Kashapov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: Institute of Physics Publishing. - 570 (2019) 012087.**

10. Денисов, Н. Д. Использование сплавов металлов в ортопедической стоматологии / Н. Д. Денисов, Л. Р. Салеева, Э. Ю. Кузнецов // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору И. М. Оксману. – Казань, 2019. - С. 113-119.

11. Салеева, Л. Р. Сравнение адгезии керамики к металлическому каркасу из кобальтохромового сплава, изготовленного разными методами / Л. Р. Салеева // Актуальные вопросы стоматологии. Сборник тезисов межвузовской конференции. - Москва, 2020 г. - С. 78-81

12. Денисов Н. Д. Конструкционные материалы для изготовления непрямых реставраций / Н. Д. Денисов, Л. Р. Салеева // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору И. М. Оксману. – Казань, 2021. - С. 568-575.

**13. Денисов, Н. Д. Выбор материала и метод изготовления стоматологических ортопедических конструкций / Н. Д. Денисов, Л. Р. Салеева, Э. Ю. Кузнецов // Российская стоматология. - 2021. - № 2. – С. 35-36.**

**14. Салеева, Л. Р. Осложнения при протезировании одиночными металлокерамическими коронками / Л. Р. Салеева //Стоматология. - 2021. - № 3. – Т. 100. - С. 131.**

**15. Салеева, Л. Р. Остаточные частицы песка как причина сколов керамической облицовки // Л. Р. Салеева, Р.Н. Кашапов, Р. Ф. Мустакимова // Клиническая стоматология. - 2022. – 25 (1). – С. 108-114.**

**16. Патент № 2753135 Российская Федерация. МПК А61С13/03, А61К 6/20, С23С 14/40. Способ изготовления металлокерамических зубных протезов: № 2020130910: заявл. 18. 09. 2020: опубл. 11.08.2021 / Р. Н. Кашапов, Н. Ф. Кашапов, Л. Р. Салеева, Л. Н. Кашапов, Г. Т. Салеева, Р. А. Салеев; заявитель Казанский ГМУ, КФУ. – 17с.**