

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_108

[Л.Р. Салеева](#)<sup>1</sup>,

ассистент кафедры ортопедической стоматологии

[Р.Н. Кашапов](#)<sup>1,2</sup>,

к.т.н., ассистент кафедры ортопедической стоматологии; доцент, зав. кафедрой биомедицинской инженерии и управления инновациями

[Р.Ф. Мустакимова](#)<sup>1</sup>,

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии

<sup>1</sup> Казанский ГМУ, 420012, Казань, Россия<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Казань, Россия

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Салеева Л.Р., Кашапов Р.Н., Мустакимова Р.Ф. Остаточные частицы песка как причина сколов керамической облицовки. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 25 (1): 108—114. DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_108

[L.R. Saleeva](#)<sup>1</sup>,

assistant at the Prosthetic dentistry Department

[R.N. Kashapov](#)<sup>1,2</sup>,

PhD in Engineering, assistant professor of the Prosthetic dentistry Department; associate professor and head of the Biomedical engineering and innovation management Department

[R.F. Mustakimova](#)<sup>1</sup>,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics Department

<sup>1</sup> Kazan State Medical University, 420012, Kazan, Russia<sup>2</sup> Kazan Federal University, 420012, Kazan, Russia

## Остаточные частицы песка как причина сколов керамической облицовки

**Реферат.** Несмотря на то что клинические и технологические этапы протезирования металлокерамическими конструкциями глубоко обоснованы с отдаленными результатами их использования, в процессе эксплуатации данных конструкций возникают осложнения, требующие их ремонта или замены. В первую очередь это относится к сколам керамической облицовки, которые связаны как с ошибками в клиническом планировании, так и с нарушениями лабораторных этапов их изготовления, в том числе взаимосвязи керамики и металла.

**Цель работы** — исследование поверхности литых образцов сплавов на содержание частиц песка после пескоструйной обработки. **Материалы и методы.** Проведены экспериментальные исследования поверхности литых образцов из кобальтохромового сплава сканирующим электронным микроскопом при различном увеличении, изучены параметры шероховатости после обработки песком диаметром 250 мкм, 50 мкм и стоматологической фрезой. **Результаты.** Микроскопический анализ поверхности после обработки образцов песком диаметром 250 мкм показал отсутствие загрязнения, формирование трехмерной структуры поверхности с выступами и впадинами. При 1000-кратном увеличении наблюдались остатки электрокорунда размером от 0,5 до 3 мкм, при увеличении 5000 — загрязнения размером меньше 1 мкм, а при 20 000 раз — инородные включения средним размером 100 нм. После обработки фрезой выявлена чистая поверхность от инородных включений, наличие микроканалов от 1 до 10 мкм. Однако при данном виде обработке достигаются минимальные параметры шероховатости: Ra=0,8 мкм, Rz=1 мкм. При обработке песком размером 50 мкм достигаются параметры шероховатости Ra=1,498 мкм, Rz=7,237 мкм, микроскопическое исследование показывает формирование характерной локально исцарапанной трехмерной структуры. При увеличении в 20 000 раз наблюдаются инородные включения средним размером 200 нм. **Заключение.** Наличие крупных впадин и выступов при обработке песком размером 250 мкм при циклической динамической нагрузке из-за поперечного сжатия будет приводить к разному продольному растяжению. Обработка фрезой предотвращает возникновение будущих концентраторов напряжения, однако удельная площадь поверхности в 3 раза меньше, что сильно влияет на величину спекания керамики с металлическим каркасом. При пескоструйной обработке абразивом 50 мкм на поверхности металла остаются частицы песка размером 150—300 нм, также местами наблюдаются частицы большого диапазона, впечатанные в металл, которые достаточно трудно удалить существующими методами.

**Ключевые слова:** металлокерамические зубные протезы, металлический каркас, стоматологическое литье, пескоструйная обработка, профилометрия

## Residual sand particles as a cause of chipping of ceramic cladding

**Abstract.** Despite the fact that the clinical and technological stages of prosthetics with porcelain fused to metal constructions are deeply grounded with long-term results of their use, complications arise during the operation of these constructions that require their repair or replacement. First of all, this applies to the chipping of ceramic cladding, which are associated with both errors in clinical planning and violations of the laboratory stages of their manufacture, including adhesion of ceramics and metal. **The aim** was to study the surface of cast alloy samples for the content of sand particles after sandblasting. **Materials and methods.** Experimental studies of the surface of cast cobalt-chromium alloy samples with a scanning electron microscope at various magnifications were carried out, the roughness parameters after sandblasting with a diameter of 250 μm, 50 μm and a dental milling cutter were studied. **Results.** Microscopic analysis of the surface after processing samples with sand with a diameter of 250 μm showed the absence of contamination, the formation of a three-dimensional structure of the surface with ledges and holes. At 1000 magnification, electrocorundum residues ranging in size from 0.5 to 3 μm were observed, at 5000 magnification, contamination with a size less than 1 μm, and at 20,000 magnification, foreign inclusions with an average size of 100 nm. After processing with a milling cutter, a clean surface from foreign

inclusions was revealed, the presence of micro-grooves from 1.0 microns to 10 microns. However, with this type of processing, the minimum roughness parameters are achieved:  $R_a=0.8 \mu\text{m}$ ,  $R_z=1 \mu\text{m}$ . When sandblasting with a size of  $50 \mu\text{m}$ , roughness parameters  $R_a=1.498 \mu\text{m}$ ,  $R_z=7.237 \mu\text{m}$  are achieved, microscopic examination shows the formation of a characteristic locally scratched three-dimensional structure. At 20,000 magnification, foreign inclusions with an average size of 200 nm are observed. **Conclusion.** The presence of large holes and ledges during sandblasting with a size of  $250 \mu\text{m}$  under cyclic dynamic load due to transverse compression will lead to different longitudinal stretching. Milling prevents the occurrence of future stress concentrators, however, the specific surface area is three times smaller, which greatly affects the amount of adhesion of ceramics with a metal frame.

## ВВЕДЕНИЕ

Металлокерамические протезы на сегодняшний день можно отнести к числу ортопедических конструкций с широким спектром применения для устранения и лечения дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов, являющихся высокоэффективными протезами, но в то же время имеющие немалую стоимость, что влечет за собой большую степень ответственности [1–8]. Клинические и технологические этапы протезирования зубов металлокерамическими конструкциями разработаны давно, и в настоящее время они глубоко обоснованы с отдаленными результатами их использования [9–13].

Существует немало проблем, связанных с качеством изготовления металлокерамических конструкций. Ошибки и дефекты, возникающие на этапах клинического и лабораторного их изготовления и требующие их ремонта или замены, отчасти порождают недовольство и жалобы со стороны пациентов [14–19]. В первую очередь это относится к сколам керамической облицовки, которые связаны как с ошибками в клиническом планировании, так и с нарушениями лабораторных этапов их изготовления, в том числе взаимосвязи керамики и металла [20–22].

По данным литературы, в 13,6% случаев выявлено неудовлетворительное состояние керамической облицовки, которые от 4,7 до 57,4% случаев могут привести к сколу. Различные виды осложнений в ходе пользования металлокерамическими протезами могут достигать 84% случаев [23–29].

В связи с вышеизложенным актуальными остаются вопросы анализа осложнений протезирования и дальнейшая разработка методов совершенствования технических этапов изготовления металлокерамических конструкций.

**Цель работы** — исследование поверхности литых образцов на содержание частичек песка после пескоструйной обработки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Из восковых шаблонов на вакуумной индукционной литой установке Inducast (UGIN, Франция) изготовили

When sandblasting with an abrasive of  $50 \mu\text{m}$ , sand particles with a size of 150–300 nm remain on the metal surface, large-range particles are also observed in places, imprinted into the metal, and which are quite difficult to remove by existing methods.

**Key words:** metal-ceramic dentures, metal framework, sandblasting, profilometry, surface roughness

## FOR CITATION:

Saleeva L.R., Kashapov R.N., Mustakimova R.F. Residual sand particles as a cause of chipping of ceramic cladding. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 25 (1): 108–114 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_108

по 10 образцов из кобальтохромового сплава (59% Co, 25% Cr, 9% W, 3,5% Mo, 1% Si, не более 1,5% C, Fe, Mn и N):

- цилиндры диаметром 3,0 мм и высотой 20 мм;
- пластины  $15,0 \times 15,0 \times 2$  мм.

Отлитые образцы предварительно очищали от паковочной массы пескоструйным аппаратом абразивом с диаметром частиц 250 мкм. Очищенные образцы окончательно обрабатывали тремя способами:

- пескоструйным аппаратом абразивом с диаметром частиц 250 мкм;
- бормашинной при 30 000 об/мин твердосплавными фрезами КМИЗ (Казань);
- пескоструйным аппаратом абразивом Cobra (Аверон, Екатеринбург) с диаметром частиц 50 мкм при рабочем давлении 1,5–2 атмосферы.

После финишной обработки образцы изучали на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) с системой зондового микроанализа при увеличении в 1000, 5000 и 20000 раз. Также определяли параметры шероховатости на профилометре TR-200 (Time Group, Китай) вычисляя:

- среднее арифметическое отклонение профиля ( $R_a$ );
- высоту неровностей профиля по десяти точкам ( $R_z$ );
- средний шаг местных выступов профиля ( $S$ );
- средний шаг неровностей ( $S_m$ );
- наибольшую высоту профиля ( $R_m$ );
- глубину наибольшей впадины профиля ( $R_y$ );
- среднее квадратическое отклонение профиля ( $R_q$ );
- высоту наибольшего выступа профиля ( $R_p$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Визуальная оценка СЭМ-снимков

Частицы абразива размером 250 мкм эффективно удаляют формовочную массу с поверхности металлического каркаса и при этом длительное их воздействие может привести утончению толщины стенки каркаса или даже к его истончению до полного пробития. Это и объясняет отсутствие следов формовочной массы, так как при стандартной процедуре очистки также происходит снятие приповерхностного слоя металла. Анализ поверхности с помощью СЭМ показал отсутствие загрязнений

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_110

и формирование трехмерной структуры поверхности сплава с выступами и впадинами. При 1000-кратном увеличении наблюдаются остатки только электрокорунда размером от 0,5 до 3 мкм. При увеличении 5000 наблюдаются загрязнения размером меньше 1 мкм. При

увеличении в 20 000 раз наблюдаются инородные включения средним размером 100 нм, а также наличие выступов размером порядка 200 нм (рис. 1).

Поверхности образцов после обработки фрезой сглажены, без неровностей и впадин (рис. 2). Различные

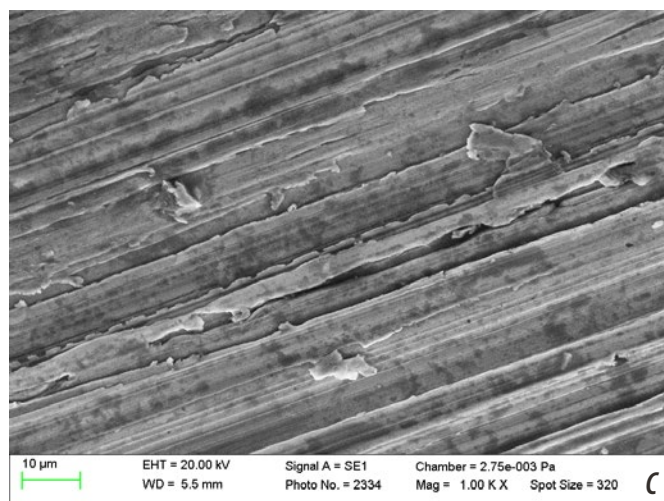
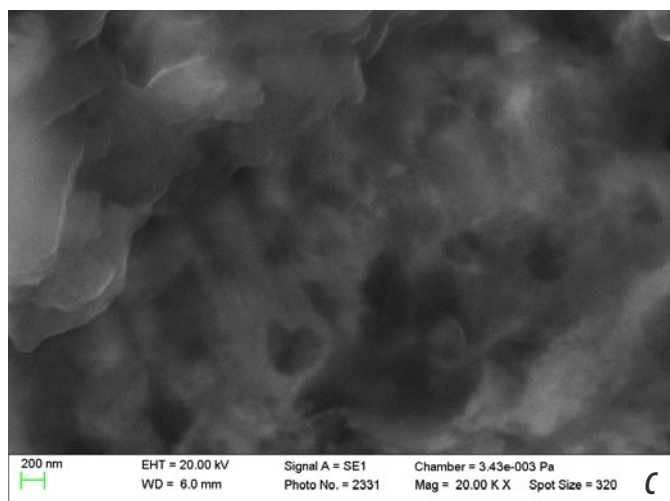
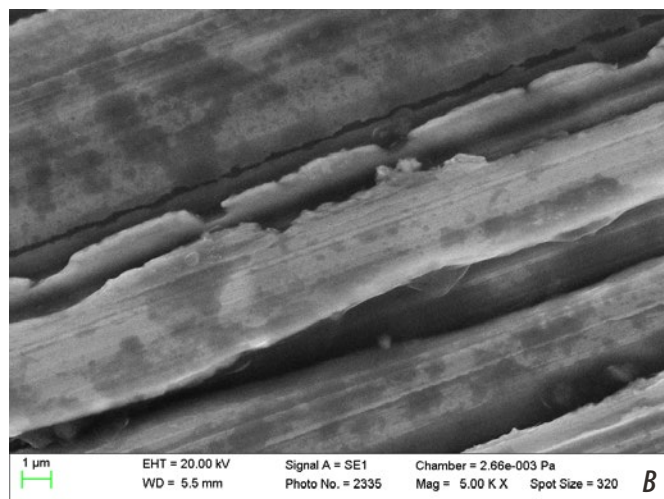
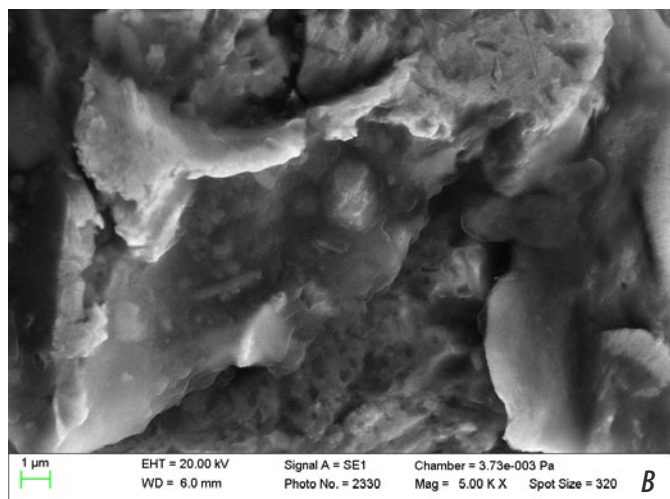
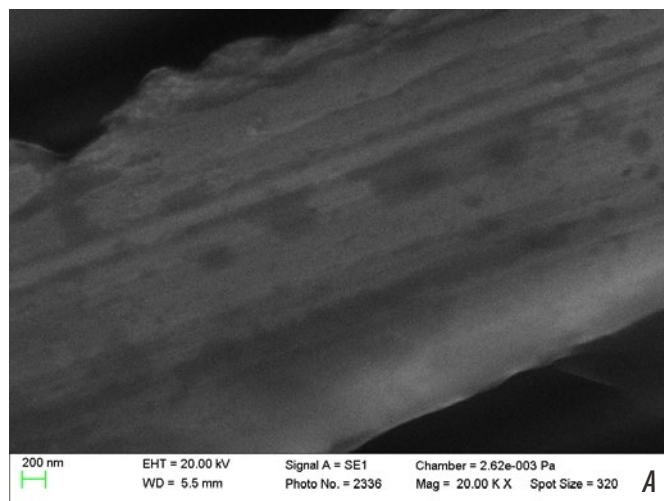
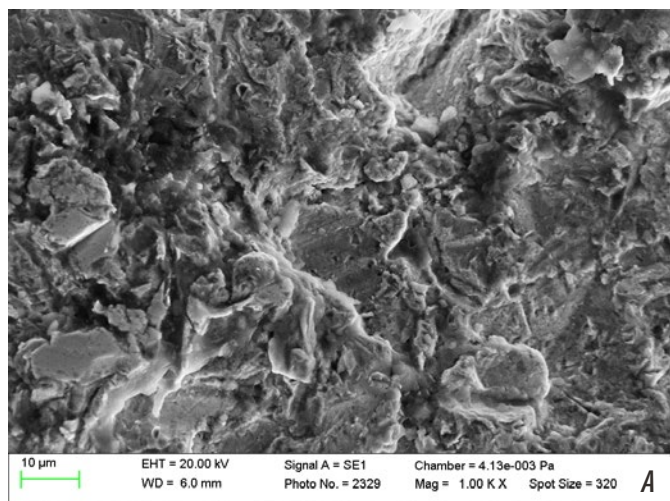


Рис. 1. СЭМ поверхности после пескоструйной обработки абразивом с диаметром частиц 250 мкм: А — 1000-кратное увеличение, В — 5000-кратное увеличение, С — 20000-кратное увеличение [Fig. 1. SEM of the surface after sandblasting with 250 µm abrasive: A — 1000x magnification, B — 5000x magnification, C — 20,000x magnification]

Рис. 2. СЭМ поверхности после обработки твердосплавными фрезами при 30 000 об/мин: А — 1000-кратное увеличение, В — 5000-кратное увеличение, С — 20000-кратное увеличение [Fig. 2. SEM of the surface after hard-alloy milling at 30,000 rpm: A — 1000x magnification, B — 5000x magnification, C — 20,000x magnification]

увеличения демонстрируют чистоту поверхности от инородных включений, а также мы наблюдаем наличие микроканалов от 1 до 10 мкм.

Формирование шероховатости перед нанесением керамического покрытия на металлический каркас

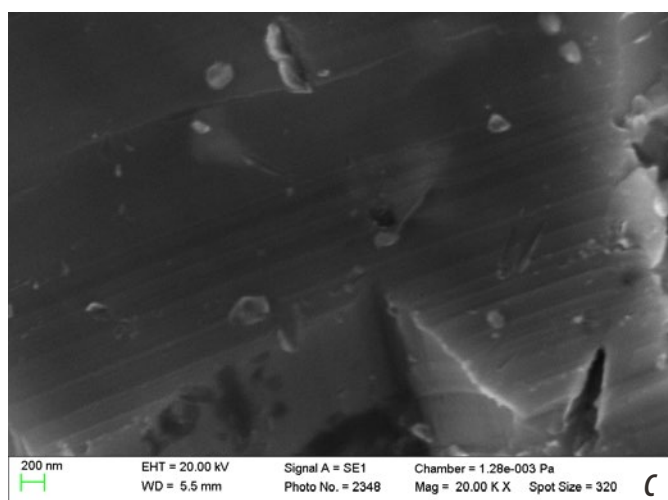
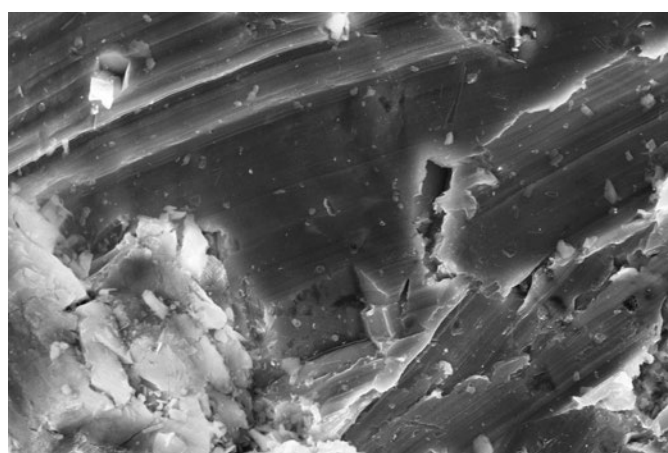
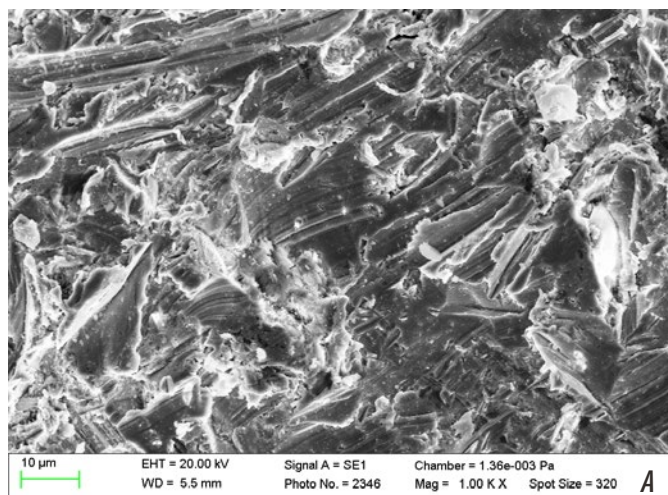


Рис. 3. СЭМ поверхности после пескоструйной обработки абразивом с диаметром частиц 50 мкм: А — 1000-кратное увеличение, В — 5000-кратное увеличение, С — 20000-кратное увеличение [Fig. 3. SEM of the surface after sandblasting with 50 μm abrasive: А — 1000x magnification, В — 5000x magnification, С — 20,000x magnification]

и проведением термической обработки проводится пескоструйной обработкой песком 50 мкм. Анализ поверхности с помощью сканирующего электронного микроскопа (рис. 3) данного типа образцов показал формирование характерной локально исцарапанной трехмерной структуры. Средняя длина царапины составляет 10 мкм, максимальная — до 50 мкм. Глубина наибольшей впадины составила 10 мкм, а высота наибольшего выступа 4,6 мкм. При 1000-кратном увеличении наблюдаются остатки только электрокорунда размером от 0,5 до 5 мкм. При 5000 увеличении наблюдаются загрязнения размером меньше 1 мкм, которые залегают в микроканалах — «царапинах» поверхности. При увеличении в 20 000 раз наблюдаются инородные включения средним размером 200 нм.

### Профилометрия

При обработки песком 250 мкм глубина наибольшей впадины составила 18 мкм, а высота наибольшего выступа — 8 мкм. При данном виде обработке достигаются максимальные параметры шероховатости  $R_a=3,3$  мкм,  $R_z=10,1$  мкм.

Из табл. 1 видно, что при данном виде обработке достигаются минимальные параметры шероховатости  $R_a=0,8$  мкм,  $R_z=1$  мкм. Что практически в 10 раз меньше по сравнению с пескоструйной обработкой при 250 мкм. Профилограмма иллюстрирует сохранение общего макропрофиля поверхности и сглаживание микропрофиля, формируемого при очистке металлического каркаса от формовочной массы. Данный метод обработки эффективен с точки зрения предотвращения будущих концентраторов напряжения, однако удельная площадь поверхности в данном случае будет в 3 раза меньше, чем для пескоструйной обработки при 250 мкм. Это в свою очередь сильно влияет на величину соединения

Таблица 1. Параметры шероховатости при различных методах обработки металлического каркаса

[Table 1. Roughness parameters for various metal frame processing methods]

Параметр	Метод обработки		
	Песок 250 мкм	Фреза	Песок 50 мкм
$R_a$	3,291	0,827	1,498
$R_y$	18,050	2,839	9,600
$R_m$	10,130	1,460	4,912
$R_q$	4,069	1,015	1,859
$R_z$	10,060	0,959	7,237
$R_p$	7,920	1,379	4,687
$S$	0,0701	0,2000	0,0338
$S_m$	0,1379	0,3636	0,0588

\*  $R_a$  — среднее арифметическое отклонение профиля;  $R_y$  — глубина наибольшей впадины профиля;  $R_m$  — наибольшая высота профиля;  $R_q$  — среднее квадратическое отклонение профиля;  $R_z$  — высота неровностей профиля по десятии точкам;  $R_p$  — высота наибольшего выступа профиля;  $S$  — средний шаг местных выступов профиля;  $S_m$  — средний шаг неровностей.

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_112

и уменьшает сцепление керамики с металлическим каркасом.

Из табл. 1 видно, что при данном виде обработке достигаются параметры шероховатости  $Ra=1,498$  мкм,  $Rz=7,237$  мкм. Анализ профилограммы показывает отсутствие крупных выступов, которые могли бы являться концентраторами напряжения и служить источником возникновения микротрещин на границе металлический сплав/керамика. Удельная площадь в данном случае будет в 2 раза больше по сравнению с фрезерованной поверхностью и в 1,5 раза меньше чем для пескоструйной обработки при 250 мкм. Что в свою очередь уже не так критично для сцепления керамического покрытия с каркасом.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие достаточно крупных впадин и выступов для данного типа обработки нежелательно с точки зрения формирования керамического покрытия, по механическим свойствам сильно отличающегося от кобальтохромового сплава металла основания. При циклической динамической нагрузке, реализуемой в реальных условиях во время жевания, из-за разности коэффициентов Пуассона кобальтохромового сплава и керамики поперечное сжатие будет приводить к разному продольному растяжению. В данном случае наличие столь больших выступов будет приводить к эффекту клина: при вертикальной нагрузке металлический выступ в керамике будет расширяться больше, чем сама керамика, как следствие, это будет являться источником приграничного напряжения и зародышем трещины. А керамика, заполняющая впадину, при вертикальной нагрузке из-за более высокой твердости по сравнению с металлом будет деформировать и проникать в сам сплав. Постепенно будет происходить процесс образования микротрещин на границе сплава и керамики, поэтому важен размер шероховатости, формируемый при пескоструйной обработке.

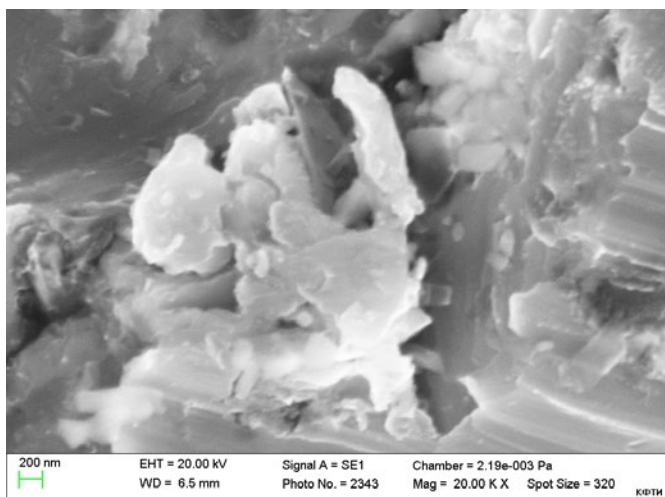


Рис. 4. СЭМ-изображение поверхности после пескоструйной обработки размером песка 50 мкм с остатками частиц электрокорунда [Fig. 4. SEM-image of the surface after sandblasting with a sand size of 50 μm with the remains of electrocorundum particles]

Микроскопические исследования показали, что частицы абразива размером 250 мкм эффективно удаляют формовочную массу с поверхности металлического каркаса, однако при этом их длительное воздействие может привести к истончению стенки каркаса и вплоть до полного пробития. При данном виде обработки достигаются максимальные параметры шероховатости ( $Ra=3,3$  мкм,  $Rz=10,1$  мкм). Наличие крупных впадин и выступов при обработке песком размером 250 мкм при циклической динамической нагрузке из-за поперечного сжатия будет приводить к разному продольному растяжению. Обработка фрезой предотвращает возникновение будущих концентраторов напряжения, однако удельная площадь поверхности в 3 раза меньше, что сильно влияет на величину спекания керамики с металлическим каркасом. В то же время результаты профилограммы иллюстрируют сохранение общего макропрофиля поверхности и сглаживание микропрофиля, формируемого при очистке металлического каркаса от формовочной массы. При пескоструйной обработке абразивом 50 мкм на поверхности металла остаются частицы песка размером 150–300 нм, также местами наблюдаются частицы большого диапазона, впечатанные в металл, которые достаточно трудно удалить существующими методами.

На рис. 4 видно, что после пескоструйной обработки на поверхности металла остаются частицы песка размером 150–300 нм, также местами наблюдаются частицы большого диапазона, которые впечатываются в металл. Частицы микронного размера достаточно трудно смыть, но это возможно, хотя и требует серьезных затрат времени и специальное оборудование (паровой генератор). Что касается частиц нанометрового диапазона, это невозможно осуществить без серьезных деформаций металлической основы.

### ВЫВОДЫ

1. Пескоструйная обработка отлитых заготовок песком размером 250 мкм эффективно очищает поверхность от формовочной массы. Профилометрия показывает высокие параметры шероховатости, которые могут негативно сказываться на сцеплении керамической облицовки с каркасом.
2. Обработка поверхности фрезой очищает поверхность от инородных включений, формирует микроканавки от 1 до 10 мкм, однако при этом достигаются минимальные параметры шероховатости  $Ra=0,8$  мкм,  $Rz=1$  мкм, что, в свою очередь, сильно влияет на величину спекания и уменьшает сцепление керамики с металлическим каркасом.
3. Формирование характерной локально исцарапанной трехмерной структуры наблюдается при обработке поверхности песком размером 50 мкм. Средняя длина царапины составляет 10 мкм, максимальная — до 50 мкм. Удельная площадь по данным профилометрии в 2 раза больше по сравнению с фрезерованной поверхностью и в 1,5 раза меньше, чем при пескоструйной обработке

песком размером 250 мкм. При этом на поверхности металла остаются частицы песка размером 150—300 нм, местами наблюдаются частицы большого диапазона, впечатанные в металл, которые достаточно трудно удалить существующими методами.

Таким образом, на наш взгляд, оставшиеся частицы песка после пескоструйной обработки металлических поверхностей будут негативно сказываться на соединении керамики к металлическому каркасу, так как керамика будет ложиться на слой микро- и наночастиц электрокорунда. Важен поиск новых альтернативных

чистых способов формирования шероховатости поверхности, которые не загрязняли бы поверхность металлического каркаса.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Поступила:** 27.12.2021      **Принята в печать:** 10.03.2022

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**Received:** 27.12.2021      **Accepted:** 10.03.2022

#### ЛИТЕРАТУРА:

- Shankar T., Garhnyak M., Garhnyak L., Dhal A., Kar A.K. Comparison of hypersensitivity in metal ceramic crowns cemented with zinc phosphate and self-adhesive resin: A prospective study. — *J Contemp Dent Pract.* — 2017; 18 (10): 923—926. [PMID: 28989131](#)
- Olley R.C., Andiappan M., Frost P.M. An up to 50-year follow-up of crown and veneer survival in a dental practice. — *J Prosthet Dent.* — 2018; 119 (6): 935—941. [PMID: 28969914](#)
- Афанасьева М.М., Белянкин И.А., Неловко Т.В., Филиппова Н.В. Актуальность и современные способы комплексной коррекции стираемости зубов. — *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* — 2020; 5: 170. [eLibrary ID: 43098501](#)
- Greța D.C., Gasparik C., Colosi H.A., Dudea D. Color matching of full ceramic versus metal-ceramic crowns — a spectrophotometric study. — *Med Pharm Rep.* — 2020; 93 (1): 89—96. [PMID: 32133452](#)
- Nejatidanesh F., Abbasi M., Savabi G., Bonakdarchian M., Atash R., Savabi O. Five year clinical outcomes of metal ceramic and zirconia-based implant-supported dental prostheses: A retrospective study. — *J Dent.* — 2020; 100: 103420. [PMID: 32598899](#)
- Rammelsberg P., Lorenzo Bermejo J., Kappel S., Meyer A., Zenthöfer A. Long-term performance of implant-supported metal-ceramic and all-ceramic single crowns. — *J Prosthodont Res.* — 2020; 64 (3): 332—339. [PMID: 31859082](#)
- Saker S., Ghazy M., Abo-Madina M., El-Falal A., Al-Zordk W. Ten-Year Clinical Survival of Anterior Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: A Retrospective Study. — *Int J Prosthodont.* — 2020; 33 (3): 292—296. [PMID: 32320182](#)
- Пархоменко А.Н., Агеева Ю.В., Шемонаев В.И., Михальченко Д.В., Тимачева Т.Б. Клиническая оценка комплекса мер по коррекции индивидуальной гигиены полости рта во время ортопедического лечения. — *Волгоградский научно-медицинский журнал.* — 2021; 3: 43—48. [eLibrary ID: 46679168](#)
- Koutsoukis T., Zinelis S., Eliades G., Al-Wazzan K., Rifaiy M.A., Al Jabbari Y.S. Selective laser melting technique of Co-Cr dental alloys: A review of structure and properties and comparative analysis with other available techniques. — *J Prosthodont.* — 2015; 24 (4): 303—12. [PMID: 26129918](#)
- Парунов В.А., Колесов П.А., Быкова М.В. Оценка результатов ортопедического лечения металлокерамическими зубными протезами с каркасами из нового отечественного сплава на основе золота. — *Cathedra-Кафедра. Стomatологическое образование.* — 2016; 57: 36—39. [eLibrary ID: 27495301](#)
- Li J., Chen C., Liao J., Liu L., Ye X., Lin S., Ye J. Bond strengths of porcelain to cobalt-chromium alloys made by casting, milling, and selective laser melting. — *J Prosthet Dent.* — 2017; 118 (1): 69—75. [PMID: 27927283](#)
- Saleeva L.R., Kashapov R.N., Kashapov L.N., Kashapov N.F. Changes in the CoCr alloys surface relief during plasma electrolytic treatment. — *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* — 2018; 570: 012087. [DOI: 10.1088/1757-899X/570/1/012087](#)
- Степанов В.А., Шемонаев В.И., Буянов Е.А., Грачев Д.В., Пархоменко А.Н., Зубрева И.А. Перспективы изготовления каркасов металлокерамических конструкций зубных протезов методом селективного

#### REFERENCES:

- Shankar T., Garhnyak M., Garhnyak L., Dhal A., Kar A.K. Comparison of Hypersensitivity in Metal Ceramic Crowns cemented with Zinc Phosphate and Self-adhesive Resin: A Prospective Study. *J Contemp Dent Pract.* 2017; 18 (10): 923—926. [PMID: 28989131](#)
- Olley R.C., Andiappan M., Frost P.M. An up to 50-year follow-up of crown and veneer survival in a dental practice. *J Prosthet Dent.* 2018; 119 (6): 935—941. [PMID: 28969914](#)
- Afanasyeva M.M., Belyankin I.A., Nelovko T.V., Filippova N.V. Actuality and modern ways of complex correction of tooth wear. *Bulletin of Medical Internet Conferences.* 2020; 5: 170 (In Russ.). [eLibrary ID: 43098501](#)
- Greța D.C., Gasparik C., Colosi H.A., Dudea D. Color matching of full ceramic versus metal-ceramic crowns a spectrophotometric study. *Med Pharm Rep.* 2020; 93 (1): 89—96. [PMID: 32133452](#)
- Nejatidanesh F., Abbasi M., Savabi G., Bonakdarchian M., Atash R., Savabi O. Five year clinical outcomes of metal ceramic and zirconia-based implant-supported dental prostheses: A retrospective study. *J Dent.* 2020; 100: 103420. [PMID: 32598899](#)
- Rammelsberg P., Lorenzo Bermejo J., Kappel S., Meyer A., Zenthöfer A. Long-term performance of implant-supported metal-ceramic and all-ceramic single crowns. *J Prosthodont Res.* 2020; 64 (3): 332—339. [PMID: 31859082](#)
- Saker S., Ghazy M., Abo-Madina M., El-Falal A., Al-Zordk W. Ten-Year Clinical Survival of Anterior Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: A Retrospective Study. *Int J Prosthodont.* 2020; 33 (3): 292—296. [PMID: 32320182](#)
- Parkhomenko A.N., Ageeva Yu.V., Shemonaev V.I., Mikhailchenko D.V., Timacheva T.B. Clinical assesment of the complex of measures for correcting individual oral hygiene during prosthodontic treatment. *Volgograd Scientific and Medical Journal.* 2021; 3: 43—48 (In Russ.). [eLibrary ID: 46679168](#)
- Koutsoukis T., Zinelis S., Eliades G., Al-Wazzan K., Rifaiy M.A., Al Jabbari Y.S. Selective Laser Melting Technique of Co-Cr Dental Alloys: A Review of Structure and Properties and Comparative Analysis with Other Available Techniques. *J Prosthodont.* 2015; 24 (4): 303—12. [PMID: 26129918](#)
- Parunov V., Kolesov P., Bikova M. Evaluation of the results of orthopedic treatment of metal-ceramic dentures with a framework of a new Russian-based alloy of gold. *Cathedra. Dental education.* 2016; 57: 36—39 (In Russ.). [eLibrary ID: 27495301](#)
- Li J., Chen C., Liao J., Liu L., Ye X., Lin S., Ye J. Bond strengths of porcelain to cobalt-chromium alloys made by casting, milling, and selective laser melting. *J Prosthet Dent.* 2017; 118 (1): 69—75. [PMID: 27927283](#)
- Saleeva L.R., Kashapov R.N., Kashapov L.N., Kashapov N.F. Changes in the CoCr alloys surface relief during plasma electrolytic treatment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2018; 570: 012087. [DOI: 10.1088/1757-899X/570/1/012087](#)
- Stepanov V.A., Shemonaev V.I., Buyanov E.A., Grachev D.V., Parkhomenko A.N., Zubreva I.A. Prospects of manufacturing metal-ceramic structures of dentures by selective laser sintering. *Medical and*

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_114

- лазерного спекания — Медико-фармацевтический журнал Пульс. — 2021; 23 (06): 232—239. [eLIBRARY ID: 46113098](#)
14. Потапчук А.М., Крулик В.В. Интраоральная реставрация сколов керамического покрытия металлокерамических зубных протезов композитными материалами. — *Вестник стоматологии*. — 2015; 4 (93): 66—69. [eLibrary ID: 29274432](#)
15. Иорданишвили А.К., Володин А.И., Музыкин М.И., Петров А.А. Оценка металлокерамических несъемных зубных протезов, протезного ложа и поля в гарантийные сроки. — *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. — 2018; 4 (64): 91—95. [eLibrary ID: 36462889](#)
16. Мансур Ю.П., Саямов И.А., Тельфах Л.И. Протезирование дефектов зубов и зубных рядов металлокерамическими ортопедическими конструкциями: анализ клинических осложнений. — В сб. матер. конф. «Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы». — Казань, 2018. — С. 59—62. [eLibrary ID: 32524880](#)
17. Керимова А.Э.К. Клиническая оценка фиксированных зубных протезов на кобальт-хромовой основе. — *Проблемы стоматологии*. — 2019; 3: 146—151. [eLibrary ID: 41212358](#)
18. Вечеркина Ж.В., Шалимова Н.А., Смолина А.А., Калинин Т.П., Морозов Н.В. Результаты оценки дисбиоза полости рта после ортопедического лечения съемными зубными протезами. — *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. — 2021; 1: 24—29. [eLibrary ID: 45588794](#)
19. Собир Р.К. Допущенные ошибки при изготовлении металлокерамических зубных протезов, методы их устранения и реставрации. — В сб. матер. конф. «Цифровизация образования: теоретические и прикладные исследования современной науки». — Ростов-на-Дону: ИУБП, ВВМ, 2021. — С. 76—80. [eLIBRARY ID: 44740585](#)
20. Han X., Sawada T., Schille C., Schweizer E., Scheideler L., Geis-Gerstorfer J., Rupp F., Spintzyk S. Comparative analysis of mechanical properties and metal-ceramic bond strength of Co-Cr dental alloy fabricated by different manufacturing processes. — *Materials (Basel)*. — 2018; 11 (10): E1801. [PMID: 30249000](#)
21. Pjetursson B.E., Valente N.A., Strasding M., Zwahlen M., Liu S., Sailer I. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. — *Clin Oral Implants Res*. — 2018; 29 Suppl 16: 199—214. [PMID: 30328190](#)
22. Vaska K.R., Nakka C., Reddy K.M., Chintalapudi S.K. Comparative evaluation of shear bond strength between titanium-ceramic and cobalt-chromium-ceramic: An in vitro study. — *J Indian Prosthodont Soc*. — 2021; 21 (3): 276—280. [PMID: 34380815](#)
23. Kursoglu P., Karagoz Motro P.F., Kazazoglu E. Correlation of surface texture with the stainability of ceramics. — *J Prosthet Dent*. — 2014; 112 (2): 306—313. [PMID: 24484857](#)
24. Galiatsatos A.A., Galiatsatos P.A. Clinical evaluation of fractured metal-ceramic fixed dental prostheses repaired with indirect technique. — *Quintessence Int*. — 2015; 46 (3): 229—36. [PMID: 25485316](#)
25. Саканян С.С. Осложнения при применении металлокерамических протезов. — *Научное обозрение. Медицинские науки*. — 2017; 4: 84—87. [eLibrary ID: 28781658](#)
26. Турусова Е.В., Булкина Н.В., Фирсова И.В., Лебедева С.Н., Казакова Л.Н. Влияние методов ортопедической реабилитации на качество жизни пациентов с воспалительными заболеваниями пародонта. — *Клиническая стоматология*. — 2018; 2 (86): 81—83. [eLibrary ID: 35154638](#)
27. Радчук В.Б., Гасюк Н.В., Ерошенко Г.А. Analysis of the orthopedic pathology structure and the frequency of repeated visits after dental prosthetics with metal-ceramic structures. — *Світ медицини та біології*. — 2019; 4 (70): 138—142. [eLibrary ID: 41493645](#)
28. Wong C.K.K., Narvekar U., Petridis H. Prosthodontic complications of metal-ceramic and all-ceramic, complete-arch fixed implant prostheses with minimum 5 years mean follow-up period. A systematic review and meta-analysis. — *J Prosthodont*. — 2019; 28 (2): e722-e735. [PMID: 29665177](#)
29. Gogushev K.G., Valcheva Z.S. Clinical and laboratory workflow with fixed partial dentures — a survey among dentists and dental technicians. — *Eurasian Union of Scientists*. — 2021; 3—2 (84): 22—7. [eLIBRARY ID: 45688677](#)
- pharmaceutical journal Pulse. 2021; 23 (06): 232—239 (In Russ.). [eLIBRARY ID: 46113098](#)
14. Potapchuk A.M., Krulyk V.V. Relevant restoration methods of ceramic coating's chips of metal-ceramic prostheses using composite materials. *Dentistry bulletin*. 2015; 4 (93): 66—69 (In Russ.). [eLibrary ID: 29274432](#)
15. Iordanishvili A.K., Volodin A.I., Muzikin M.I., Petrov A.A. Evaluation of metal-ceramic non-removable dentures, prosthetic bed and field during warranty periods. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018; 4 (64): 91—95 (In Russ.). [eLibrary ID: 36462889](#)
16. Mansur Yu.P., Sayamov I.A., Telfach L.I. Prosthetics of teeth and dentition defects with metal-ceramic orthopedic structures: analysis of clinical complications. In: proceedings of "Interaction between science and society: problems and prospects" conference. Kazan, 2018. Pp. 59—62 (In Russ.). [eLibrary ID: 32524880](#)
17. Kerimova A. Clinical evaluation of cobalt-chromium-based fixed dentures. *Actual Problems in Dentistry*. 2019; 3: 146—151 (In Russ.). [eLibrary ID: 41212358](#)
18. Vecherkina Zh.V., Shalimova N.A., Smolina A.A., Kalinichenko T.P., Morozov N.V. Results of evaluation of oral dysbiosis after orthopedic treatment with removable dentures. *System Analysis and Management in Biomedical Systems*. 2021; 1: 24—29 (In Russ.). [eLibrary ID: 45588794](#)
19. Sobir R.K. Mistakes made in the manufacture of metal-ceramic dentures, methods of their elimination and restoration. In proceedings of "Digitalization of education: theoretical and applied research of modern science" conference. Rostov-on-Don: Southern University, VVM, 2021. Pp. 76—80 (In Russ.). [eLIBRARY ID: 44740585](#)
20. Han X., Sawada T., Schille C., Schweizer E., Scheideler L., Geis-Gerstorfer J., Rupp F., Spintzyk S. Comparative analysis of mechanical properties and metal-ceramic bond strength of Co-Cr dental alloy fabricated by different manufacturing processes. *Materials (Basel)*. 2018; 11 (10): E1801. [PMID: 30249000](#)
21. Pjetursson B.E., Valente N.A., Strasding M., Zwahlen M., Liu S., Sailer I. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. *Clin Oral Implants Res*. 2018; 29 Suppl 16: 199—214. [PMID: 30328190](#)
22. Vaska K.R., Nakka C., Reddy K.M., Chintalapudi S.K. Comparative evaluation of shear bond strength between titanium-ceramic and cobalt-chromium-ceramic: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2021; 21 (3): 276—280. [PMID: 34380815](#)
23. Kursoglu P., Karagoz Motro P.F., Kazazoglu E. Correlation of surface texture with the stainability of ceramics. *J Prosthet Dent*. 2014; 112 (2): 306—313. [PMID: 24484857](#)
24. Galiatsatos A.A., Galiatsatos P.A. Clinical evaluation of fractured metal-ceramic fixed dental prostheses repaired with indirect technique. *Quintessence Int*. 2015; 46 (3): 229—36. [PMID: 25485316](#)
25. Sakanyan S.S. Complications in the application of metal-ceramic prostheses. *Scientific Review. Medical sciences*. 2017; 4: 84—87 (In Russ.). [eLibrary ID: 28781658](#)
26. Turusova E.V., Bulkina N.V., Firsova I.V., Lebedeva S.N., Kazakova L.N. Influence of prosthetic rehabilitation methods on quality of life of patients with inflammatory periodontal diseases. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2018; 2 (86): 81—83 (In Russ.). [eLibrary ID: 35154638](#)
27. Radchuk V.B., Hasiuk N.V., Yeroshenko G.A. Analysis of the orthopedic pathology structure and the frequency of repeated visits after dental prosthetics with metal-ceramic structures. *World of Medicine and Biology*. 2019; 4 (70): 138—142 (In Russ.). [eLibrary ID: 41493645](#)
28. Wong C.K.K., Narvekar U., Petridis H. Prosthodontic Complications of Metal-Ceramic and All-Ceramic, Complete-Arch Fixed Implant Prostheses with Minimum 5 Years Mean Follow-Up Period. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont*. 2019; 28 (2): e722-e735. [PMID: 29665177](#)
29. Gogushev K.G., Valcheva Z.S. Clinical and laboratory workflow with fixed partial dentures a survey among dentists and dental technicians. *Eurasian Union of Scientists*. 2021; 3—2 (84): 22—7 (In Russ.). [eLIBRARY ID: 45688677](#)