

УДК 616.314-72

**К ВОПРОСУ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АЛМАЗНЫХ
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ БОРОВ (ЧАСТЬ 1)****TO THE QUESTION OF WEAR RESISTANCE OF DIAMOND DENTAL BURS****А.А. Копытов, А.В. Цимбалистов, А.А. Копытов, Р.И. Асадов
A.A. Kopytov, A.V. Tsimbalistov, A.A. Kopytov, R.I. Asadov***Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85**Belgorod National Research University, Russia, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85**E-mail: tsimbalistov@bsu.edu.ru*

Аннотация. Среди взрослого населения Российской Федерации, в различных возрастных группах, количество лиц страдающих вторичной частичной адентией составляет от 60 до 95%. Широкая распространенность вторичной частичной адентии поддерживает, на стабильно высоком уровне, необходимость препарирования зубов под несъемные опорно-удерживающие элементы ортопедических конструкций. В клинике ортопедической стоматологии одонтопрепарирование проводится алмазными и твердосплавными борами. Преимущество обработки твердых тканей зубов алмазными борами обусловлено: экономией времени, возможностью получения поверхности требуемой конфигурации и отсутствием необходимости значительного нагружения инструмента. При этом, препарирование твердых тканей зубов приводит к значительным изменениям эмали и дентина и износу алмазного бора.

Resume. Among the adult population of the Russian Federation, in different age groups, the number of persons suffering from secondary partial adentia is from 60 to 95%. The prevalence of secondary partial edentulous supports, at a consistently high level, the necessity of tooth preparation for fixed reference-holds the elements of the prosthetics. In the clinic of prosthodontics of odontopediatry is diamond and carbide burs. The advantage of treatment of hard tissues of teeth, diamond burs due to: the time savings, the possibility of obtaining the surface configuration required and without the need for significant loading of the tool. Thus, the preparation of hard teeth tissues leads to significant changes of enamel and dentin and wear diamond bur.

Ключевые слова: Алмазные боры; изнашивание; препарирование зубов; ВладМиВа.
Keywords: Diamond burs; wear; preparation of teeth; VladMiVa.

Износостойкость ротационных режущих инструментов в значительной степени определяется технологией производства. Известны два технологических подхода нанесения алмазных зёрен на заготовки боров – метод спекания и метод гальванопластики.

Метод спекания – основан на приготовлении покрытия состоящего из смеси порошкообразного металла (медь, серебро, олово), связки (стекла) и алмазного порошка (не более 25% объёма), с последующим спеканием при высокой температуре и защитной атмосфере в соответствующих формах. Прошедшие спекание охлаждённые заготовки боров опрессовываются, механически обрабатываются. Для уменьшения напряжений и образования трещин инструменты отжигаются. Повторяющиеся нагревы повышают хрупкость заготовки, обуславливающую деформацию связки и неравномерное выкрашивание алмазных зёрен, что в свою очередь приводит к биению бора, снижающему комфорт больного и разрушающему роторную группу. Преимуществом боров изготовленных методом спекания является возможность более длительной эффективной эксплуатации бора т.к. толщина алмазного покрытия больше, чем у боров изготовленных методом гальванопластики [Загурская, 2016].

Приведённые данные совпадают с мнением [Шишкин, 2012], оценивавшего время, необходимое для препарирования зубов под цельнолитые, металлические и металлокерамические коронки. Хронометраж показал что, среднее затраченное время на препарирование одного опорного зуба цельноспечённым бором составило 8.07 ± 0.95 минуты, бором, изготовленным методом гальванопластики, - 12.87 ± 0.78 минуты. Кроме того хронометраж выявил что с увеличением количества обработанных зубов, вследствие износа боров увеличивается количество времени, необходимое для препарирования каждого последующего зуба.

Гальванический метод заключается в осаждении из раствора электролита на поверхность заготовки двух фаз – металла (связки) и алмазного порошка. Под воздействием электрического тока образуется монолитный композитный слой. В качестве катода выступает заготовка бора, анода - ме-



талл, осаждающийся на заготовке бора. Электролит содержит кобальт, никель, алмазные зёрна в высокой концентрации. Технология процесса предусматривает образование дойного слоя зарядов. Первый слой локализуется на поверхности заготовки, вызывая химическую адсорбцию частиц. Второй слой, диффузно распространяется в массиве заготовки, что приводит к взаимопроникновению осаждаемых веществ на молекулярном уровне, и обуславливает устойчивую фиксацию никелем (никелем и кобальтом) алмазных зёрен. В процессе электролиза «исправляются» механические дефекты заготовки. Восстановление правильной геометрии рабочей поверхности повышает износостойкость бора, что даёт возможность применять инструмент до полной утраты алмазного покрытия. Отсутствие в технологическом цикле последовательных термических этапов позволяет подвергать бор многократной стерилизации без угрозы изменения формы и размера. Плотность укладки алмазных зёрен у боров, изготовленных методом гальванопластики, превышает в 16 раз таковую у инструментов полученных методом спекания, что повышает их производительность, даёт возможность снижать давление на инструмент, что повышает время эксплуатации наконечника [Загурская, 2016].

В эпоху возрастающей конкуренции между фирмами-производителями оценка износостойкости алмазных боров и разработка технологических решений повышения их жизнеспособности принимает особое значение [Копытов, 2013., Копытов и др., 2016]. Снижение износа алмазных боров приводит к повышению комфорта врача и пациента, возможности повторного применения инструмента. Интенсивность износа алмазного инструмента зависит от:

- прочностных характеристик алмазного зерна, зернистости, концентрации на поверхности [Шипило, 2016];

- износостойкости связки закрепляющей и удерживающей алмазные зёрна в процессе обработки поверхностей, её физико-химических и эксплуатационных свойств [Шиц, 2015].

Кроме того важную роль играет форма, размеры инструмента и способ нанесения алмазных зёрен [Сергейчев, 2015].

Резание, шлифовку или полировку биологических тканей, сталей, керамики и других материалов проводимые стоматологом или техником, следует рассматривать как сложные динамические процедуры, при выполнении которых меняются характеристики обрабатываемого и инструментального материалов. В этих процедурах можно выделить более простые составляющие, такие как: деформация и разрушение материалов, образование новых поверхностей, теплообмен между системами резания [Иващенко, 2013].

Экспериментально установлено что, интенсивность изнашивания алмазного инструмента находится в зависимости от контактных процессов, происходящих на его поверхностях. К основным факторам, определяющим интенсивность изнашивания инструмента следует отнести: адгезионные и диффузионные процессы между обрабатываемым и инструментальными материалами, механическое зацепление и разрушение неровностей контактных поверхностей, удаление и перенос инструментального материала на поверхность обрабатываемого материала, наклеп обработанной поверхности, силы и коэффициенты трения на поверхностях инструмента и др. [Кравченко, Покинтелица, 2016].

Для продвижения бора в обрабатываемом материале на него должно оказываться давление. Сила давления бора на обрабатываемую поверхность является важным обстоятельством, в значительной мере определяющим результат работы и состояние бора [Funkenbusch et al., 2016]. Используя воздушно-турбинные и электрические наконечники, в лабораторных условиях изучали влияние 9 переменных характеризующих характер стоматологической резки. Проведённые исследования показали что, при применении различных приводов только четыре переменных продемонстрировали статистически значимые различия. К ним относятся: величина нагрузки, прерывистость движения (длина одной резки), зернистость инструмента и его форма. Пять переменных: скорость вращения, диаметр рабочей части инструмента, количество охлаждающих портов наконечника, возможность повторного применения бора (одноразовый/стерилизуемый) и объём воды израсходованный в процессе резания воздушно-турбинными и электрическими наконечниками практически не отличались. Полученные данные позволили сделать вывод о том, что независимо от вида привода нагружение, моделируемое в данном исследовании специальным устройством, было наиболее важным фактором, определяющим износ боров и влияющим на эффективность резки.

Значительное повышение давления на инструмент приводит к повышению температуры в области контакта бор-ткани зуба пагубно влияет как на производительность инструмента, так и на состояние биологических тканей. Нагружение в 20 гр. (0.2 Н), признано оптимальным при наличии водно-воздушного охлаждения гарантирующего соблюдение оптимального температурного режима. При режиме подачи аэрозольного облака не менее 50-70 мл/мин (70% – воздух, 30% – вода) наконечники, оснащённые трёхточечным и пятиточечным спреем, обуславливают более бережное препарирование зубов, чем наконечники, оснащённые одноточечным спреем [Большаков и др., 1990].

Виды изнашивания. В настоящее время снижению уровня изнашивания рабочих поверхностей алмазных инструментов уделяется значимое внимание, поскольку это показатель определяет жизнеспособность инструмента в целом. Принято выделять несколько видов изнашивания: абразивное, адгезионное, диффузное, окислительное, в рамках которых существуют различные взаимовлияющие механизмы, определяющие жизнеспособность инструмента. Виды и механизмы изнашивания образует сложную иерархическую схему. Например, при оценке абразивного изна-

шивания в зависимости от условий обработки могут превалировать ударно-абразивное, ударно-гидроабразивное, ударно-усталостное, ударно-тепловое изнашивание [Мамасалиева, 2016.].

Абразивное изнашивание – царапание и микрорезание возникает в результате уплотнения и сдвига материала обрабатываемой поверхности по рабочей поверхности бора. Эффект изнашивания усиливают частицы алмазной крошки отколовшаяся от алмазных зёрен, образующие абразивную среду в зоне трения [Юдина, Кадыров, 2015].

Адгезионное изнашивание возникает в области наиболее выступающих гребней, вершин единичных микронеровностей. В результате силы трения частицы материалов расплавляются, затем слипаются или схватываются, образуя плёнку с последующим отрывом или срезом фрагментов материала, и их переносом его с одной поверхности на другую. При этом возникают новые неровности на сопряженных поверхностях [Макаров, 1966.].

Диффузионное изнашивание – взаимному диффузному растворению обрабатываемого материала и материала связки способствует рост скорости и температуры резания. Образовавшиеся инородные включения могут выступать в качестве источников возникновения и развития напряжений в массиве материала, и поверхностных трещин. С ростом температуры роль диффузного растворения в суммарной интенсивности изнашивания режущего инструмента увеличивается [Рубцов, 2014].

Окислительное изнашивание представляет собой циклический процесс образования на поверхности инструмента оксидной плёнки, которая удаляется при повторном контакте инструмента и обрабатываемой поверхности. Этот вид изнашивания значим при активном газонасыщении или охлаждении зоны резания специальными охлаждающими жидкостями [Якубов и др., 2011].

В условиях резания указанные виды изнашивания происходят совместно и влияют один на другой. Удельный вес каждого из этих видов зависит от свойств контактирующих материалов и условий взаимодействия (скорости резания и т.п.).

Выделяет три подхода к повышению износостойкости инструмента:

Конструктивный подразумевает разработку новых типоразмеров вращающегося инструментария, удерживающих конструкций обеспечивающих крепление и вращение инструмента.

Технологический – имеет целью разработку материалов применяющихся для производства вращающегося инструмента и материалов для изготовления стоматологических реконструкций, реставраций.

Эксплуатационный предусматривает соблюдение и модификацию общеизвестных принципов резания, шлифования, полировки, антисептической обработки. Сложный микрорельеф рабочей части боров способствует удержанию на поверхности опилок и биологических объектов, что снижает эффективность резания и может служить источником перекрёстного инфицирования. В процессе исследований показано что, эффективность резания алмазными борами снижается после их неоднократной стерилизации, поскольку металлическая связка подвергается коррозии, становится более хрупкой, что приводит к вырыванию из связки алмазных зёрен [Мамасалиева, 2016; Шемонаев и др., 2010; Simamoto et al., 2012].

Существует и противоположное мнение, основанное на сравнительной оценке износостойкости четырёх типов алмазных инструментов фирм Shofu и Jin Dental. Эксперимент показал наибольшее снижение эффективности резания после первого резки алмазных блоков, и имеющую тенденцию к дальнейшему снижению эффективности резания после каждой последующей резки вне зависимости от типоразмера бора. Однако, по мнению авторов, погружение в раствор различных антисептиков и последующее автоклавирование не показывают каких-либо значимых изменений на эффективность резания [Bae et al., 2013]. А в работе [Rotella et al., 2013] показано что, повторное использование как одноразовых и многократных вращающихся инструментов уменьшило производительность резания, при этом, процедура очистки и стерилизации между разрезами улучшило среднюю производительность резания.

Снижает износостойкость инструментов как химическое, так и физическое воздействие. В отличие от химической и температурой обработки, равномерно сажающих эффективность алмазного инструмента, воздействие ультразвуковой обработки носит более сложный характер – различают три стадии изменения морфологии инструмента: латентный период – упрочнение – «разупрочнение». Характер изменения структуры металлических частей бора зависит от интенсивности и длительности воздействия ультразвука [Цыбрий и др., 2010].

Алмазный инструмент утрачивает режущую способность с увеличением наработки, вследствие хрупкого разрушения режущих граней и засаливания рабочей поверхности. Засаливание является следствием проникновения и удержания частицы частиц обрабатываемого материала в пространстве между алмазными зёрнами [Абсадыков и др., 2015]. Притом, что формирование рабочей части алмазного бора осуществляется алмазной крошкой определённого размера, рабочую поверхность бора формируют грани зёрен алмаза различной геометрии. Сложная структура режущей поверхности удерживает стружку, снижающую эффективность резания, которая может служить средством перекрёстного загрязнения и передачи заболеваний [Eldik et al., 2004]. Засаливание является обратимым процессом подача в зону резания водо-воздушной струи и последующая механическая очистка боров восстанавливают режущую способность боров. Существует две основных теории возникновения засаливания [Архипов и др., 2008].



Согласно первой засаливание связано с забиванием пространств между абразивными зернами и связкой мелкодисперсными частицами с образованием спрессованного слоя, закрывающего выступающие зерна. Отправной точкой засаливания выступает точечное схватывание нагретого до высоких температур и пластически деформированного материала с гранями выступами абразивных зерен при контакте в процессе обработки поверхности [Ивашенко, 2013].

Так же есть мнение [Вае et al., 2013], что в процессе обработки образуется граница контакта, которая одновременно принадлежит инструментальному и обрабатываемому материалам. Засаливание начинается с образования наростов на алмазных зернах. При этом образование соединения происходит в три стадии:

- сближение соединяемых объектов (образование физического контакта);
- активация контактирующих поверхностей (образование активных центров);
- объемное взаимодействие.

Приведенный обзор литературы показывает, что изнашиваемость алмазных стоматологических боров сложный динамический процесс. Для повышения износостойкости отечественных инструментов необходимы лабораторные и клинические исследования влияния режимов и параметров препарирования зубов.

Список литературы References

Абсадыков Б.Н., Архипов П.В., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. 2015. Повышение эффективности обработки высокопрочных твердосплавных материалов алмазным инструментом на металлической связке. Системы. Методы. Технологии. 1 (25): 30-37.

Absadykov B.N., Arhipov P.V., Lobanov D.V., Janjushkin A.S. 2015. Povyshenie jeffektivnosti obrabotki vysokoprochnyh tverdosplavnih materialovalmaznym instrumentom na metallicheskoj svjazke [The effectiveness of the treatment of high-strength carbide material with a diamond tool metal bond]. Sistemy. Metody. Tehnologii. 1 (25): 30-37. (in Russian)

Архипов П.В., Янюшкин А.С., Ковалевский С.В. 2008. О природе засаливания шлифовальных кругов. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2: 169-174.

Arhipov P.V., Janjushkin A.S., Kovalevskij S.V. 2008. O prirode zasalivaniya shlifoval'nyh krugov [The nature of the clogging of grinding wheels]. Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye i inzhenernye nauki. 2: 169-174. (in Russian)

Большаков Г.В., Дмитриева Л.А., Воложин А.И., Ершова Н.И., Денисов А.Б. 1990. Влияние температурного фактора на структурное состояние эмали зубов крыс. Стоматология. 3: 16-19.

Bo'lshevik G.V., Dmitrieva L.A., Volozhin A.I., Ershova N.I., Denisov A.B. 1990. Vlijanie temperaturnogo faktora na strukturnoe sostojanie jemali zubov krysa [The influence of temperature factor on the structural state of the teeth enamel of rats]. Stomatologija. 3: 16-19. (in Russian)

Загурская М.И. 2016. Обзор современных алмазных боров [Электронный ресурс]. URL [denta-info.ru>statyi/oborud/956-almaz.html](http://denta-info.ru/statyi/oborud/956-almaz.html) (дата обращения: 8.06.2016)

Zagurskaja M.I. 2016. Obzor sovremennyhalmaznyh borov [A review of the current diamond burs] [Jelektronnyj resurs]. URL [denta-info.ru>statyi/oborud/956-almaz.html](http://denta-info.ru/statyi/oborud/956-almaz.html) (data obrashhenija: 8.06.2016). (in Russian)

Ивашенко А.П. 2013. Анализ и синтез причин, приводящих к снижению стойкости режущего инструмента при резании материалов. Современные проблемы науки и образования. 6: 145

Ivashhenko A.P. 2013. Analiz i sintez prichin, privodjashhikh k snizheniju stojkosti rezhushhego instrumenta pri rezanii materialov [Analysis and synthesis of the factors leading to the decrease of the resistance of the cutting tool during cutting of materials]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 6: 145. (in Russian)

Копытов А.А. 2013. Формирование информационнокоммуникативным пространством современного вуза конкурентоспособности социальных групп. Теория и практика общественного развития. 7: 35-38.

Kopytov A.A. 2013. Formirovanie informacionnokommunikativnym prostranstvom sovremennogo vuza konkurentosposobnosti social'nyh grupp [The formation of information and communicative space of the modern University competitiveness social groups]. Teorija i praktika obshhestvennogo razvitija. 7: 35-38. (in Russian)

Копытов А.А., Цимбалистов А.В., Мишина Н.С., Копытов А.А. 2016. Оценка доверия к алмазным борам ЗАО «ОЭЗ „ВладМиВа“» по результатам анкетирования профессионалов столичного региона. Медицинский алфавит. Стоматология. 9 (2): 12-15.

Kopytov A.A., Cimbalistov A.V., Mishina N.S., Kopytov A.A. 2016. Ocenka doverija kalmaznym boram ZAO «OeZ „VladMiVa“» po rezul'tatam anketirovaniya professionalov stolichnogo regiona [Assessment of the credibility of the diamond boram ZAO "OEZ VladMiVa" the results of the survey of professionals in the capital region]. Medicinskij alfavit. Stomatologija. 9 (2): 12-15. (in Russian)

Кравченко О.С., Покинтелица Н.И. 2016. Деформационные и тепловые явления в зоне термфрикционного резания металла. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 1 (18): 7-20.

Kravchenko O.S., Pokintelica N.I. 2016. Deformacionnyye i teplovyje javlenija v zone termofrikcionnogo rezaniya metalla [Deformation and heat phenomena in the area thermofriction metal cutting]. Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie. 1 (18): 7-20. (in Russian)

Макаров А.Д. 1966. Износ и стойкость режущих инструментов. М.: Машиностроение. 264.

Makarov A.D. 1966. Iznos i stojkost' rezhushhikh instrumentov [The wear and durability of cutting tools]. M.: Mashinostroenie. 264. (in Russian)

Мамасалиева М.И. 2016. Классификация видов изнашивания при ударно-абразивной износостойкости. Векторы развития современной науки. 1 (3): 90-93.



Mamasaliev M.I. 2016. Klassifikacija vidov iznashivaniya pri udarno-abrazivnoj iznosostojkosti [Classification of types of wear under impact-abrasive wear resistance]. *Vektory razvitiya sovremennoj nauki*. 1 (3): 90-93. (in Russian)

Попов В.Ю., Янюшкин А.С. 2013. Исследование поверхности алмазных кругов после комбинированной электроалмазной обработки быстрорежущей стали. *Технология машиностроения*. 11: 26-30.

Popov V.Ju., Janjushkin A.S. 2013. Issledovanie poverhnosti almaznyh krugov posle kombinirovannoj jelektroalmaznoj obrabotki bystrorezhushhej stali [The study of the surface of diamond wheels electrolytes after combined treatment of high speed steel]. *Tehnologija mashinostroeniya*. 11: 26-30. (in Russian)

Рубцов В.Е., Тарасов С.Ю., Колубаев Е.А. 2014. Анализ инородных включений при сварке трением с перемешиванием. *Современные проблемы науки и образования*. 5: 260.

Rubcov V.E., Tarasov S.Ju., Kolubaev E.A. 2014. Analiz inorodnyh vkljuchenij pri svarke treniem s peremeshivaniem [Analysis of contaminants in welding friction stir]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 5: 260. (in Russian)

Сергейчев К.Ф. 2015. Алмазные cvd-покрытия режущих инструментов (обзор). *Успехи прикладной физики*. 4 (3): 342-376.

Sergejchev K.F. 2015. Almaznye cvd-pokrytija rezhushhijh instrumentov (obzor) [Cvd diamond-coating cutting tools (review)]. *Uspehi prikladnoj fiziki*. 4 (3): 342-376. (in Russian)

Цыбрий И.К., Вяхирева Е.В., Кухаренко И.С. 2010. Комплексный анализ эффективности ультразвуковой обработки медицинского инструмента. *Вестник Донского государственного технического университета*. 6 (49): 10. 900-906.

Cybrij I.K., Vyahireva E.V., Kuharenko I.S. 2010. Kompleksnyj analiz jeffektivnosti ul'trazvukovoj obrabotki medicinskogo instrumenta [A comprehensive analysis of the effectiveness of ultrasonic treatment of the medical instrument]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 6 (49): 10. 900-906. (in Russian)

Шемонаев В.И., Пархоменко А.Н., Моторкина Т.В. 2010. Практическая значимость износа алмазных стоматологических боров. *Вестник РУДН. Серия Медицина*. 4: 390-392.

Shemonae V.I., Parhomenko A.N., Motorkina T.V. 2010. Prakticheskaja znachimost' iznosa almaznyh stomatologicheskijh borov [The practical significance of the wear of the diamond dental burs]. *Vestnik RUDN. Serija Medicina*. 4: 390-392. (in Russian)

Шишило В.Б., Звонарев Е.В., Кузей А.М. 2003. Получение, свойства применение порошков алмаза и кубического нитрида бора., ред. Витязя П.А. Минск. Бел. Наука. 335

Shipilo V.B., Zvonarev E.V., Kuzej A.M. 2003. Poluchenie, svojstva primenenie poroshkov almaza i kubicheskogo nitrida bora [Production, properties, application of diamond powder and cubic boron nitride]., red. Vitjazja P.A. Minsk. Bel. Nauka. 335 (in Russian)

Шиц Е.Ю. 2015. Создание инструментальных алмазосодержащих материалов на полиолефиновых матрицах с заданным комплексом свойств : автореф. дис. ... док. тех наук. (05.16.09) / - Комсомольск-на-Амуре.

Shic E.Ju. 2015. Sozdanie instrumental'nyh almazosoderzhashhijh materialov na poliolefinovyh matricah s zadannym kompleksom svojstv [The creation of diamond-bearing tool materials on polyolefin matrices with specified set of properties]. avtoref. dis. ... dok. teh nauk. (05.16.09) / - Komsomol'sk-na-Amure. (in Russian)

Шипшкин А.В. 2012. Применение цельноспеченных алмазных боров для препарирования опорных зубов при несъемном протезировании. автореф. дис. ... канд. мед. наук. (14.01.14). Воронеж. 140.

Shishkin A.V. 2012. Primenenie cel'nospechennyh almaznyh borov dlja preparirovaniya opornyh zubov pri nes'emnom protezirovanii [A pplication cellspacing diamond burs for preparing the abutment teeth in fixed prosthetics.]. avtoref. dis. ... kand. med. nauk. (14.01.14). Voronezh. 140. (in Russian)

Юдина Е.М., Кадиров М.Р. 2015. Обоснование энергосберегающих направлений в восстановлении изношенных деталей машин электрохимическим осаждением. *Электронный научный журнал*. 3 (3): 98-102.

Judina E.M., Kadyrov M.R. 2015. Obosnovanie jenergoberegajushhijh napravlenij v vosstanovlenii iznoshennyh detalej mashin jelektrohimičeskim osazhdeniem [Justification energy saving directions in the restoration of worn machine parts by electrochemical deposition]. *Jelektronnyj nauchnyj zhurnal*. 3 (3): 98-102. (in Russian)

Якубов Ф.Я., Ким В.А., Якубов Ч.Ф. 2011. Роль воздуха в контактных процессах резания металлов. *Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета*. 27: 5-11.

Jakubov F.Ja., Kim V.A., Jakubov Ch.F. 2011. Rol' vozduha v kontaktnyh processah rezanija metallov [The role of air in the contact process of cutting metals]. *Uchenye zapiski Krymskogo inženerno-pedagogičeskogo universiteta*. 27: 5-11. (in Russian)

Bae J.H., Yi J., Sungtae Kim, June-Sung Shim, Keun-Woo Lee. 2013. Changes in the cutting efficiency of different types of dental diamond rotary instrument with repeated cuts and disinfection. *Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 111. Issue 1. P. 64-70. Published online: November 14.

Eldik DA, Zilm PS, Rogers AH, Marin PD. 2004. A SEM evaluation of debris removal from endodontic files after cleaning and steam sterilization procedures. *Aust Dent J*. 49 (3): 128-135.

Funkenbusch P.D., Rotella M., Chochlidakis K., Ercoli C. 2016. Multivariate evaluation of the cutting performance of rotary instruments with electric and air-turbine handpieces. Publication stage: In Press Corrected Proof *Journal of Prosthetic Dentistry*. Published online: May 5.

Rotella M., Ercoli C., Funkenbusch P.D., Russell S., Feng C. 2013. Performance of single-use and multiuse diamond rotary cutting instruments with turbine and electric handpieces. *Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 111, Issue 1., Published online: November 18. 56-63.

Simamoto P.C., Carlos J. Soares, Renata B. Rodrigues, Crisnicaw Verissimo, Marília C. Dutra, Paulo S. Quagliatto, Veridiana R. Novai. 2012. Comparison of different wear burs after cavity preparation and sterilization methods. *Rev Odontol Bras Central*. 21 (59): 547-551.