

Научная статья

УДК 67.02

DOI: 10.36652/1813-1336-2022-18-4-160-164

Повышение эксплуатационных характеристик медицинского вращающегося режущего инструмента путем внесения в гальваническую связку абразивного порошка меньшей зернистости

Лилия Васильевна Половнева^{1, 2}

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия, l.polovneva@oezvladmiva.bizml.ru

² Опытнo-экспериментальный завод "ВладМиВа", Белгород, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследований по упрочнению гальванической связки путем внесения в нее абразивного порошка меньшей зернистости. Дан сравнительный анализ стандартного абразивного инструмента и инструмента с модифицированной абразивными частицами рабочей частью, размер фракции которых составляет 1/3 размера рабочего алмазного зерна. В качестве показателей исследовали засаливаемость, износ, режущую способность, износостойкость. Положительный эффект предложенного способа подтвержден результатами сравнительных испытаний медицинского вращающегося режущего инструмента, изготовленного с введением алмазного порошка мелкой фракции в металлическую связку стоматологического бора и электрокорунда аналогичной фракции в рабочую часть бора для подологии.

Ключевые слова: гибридные алмазные боры, боры для подологии, боры для подиатрии, температура резания, износостойкость, режущая способность, медицинский вращающийся режущий инструмент

Для цитирования: Половнева Л.В. Повышение эксплуатационных характеристик медицинского вращающегося режущего инструмента путем внесения в гальваническую связку абразивного порошка меньшей зернистости // Упрочняющие технологии и покрытия. 2022. Т. 18, № 4. С. 160—164. DOI: 10.36652/1813-1336-2022-18-4-160-164

Original article

The increasing in operating characteristic of medical rotating cutting tool by introduction the abrasive smaller grain size powder into the galvanic bond

Liliya V. Polovneva^{1, 2}

¹ Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia, l.polovneva@oezvladmiva.bizml.ru

² JSC "SEZ "VladMiVa", Belgorod, Russia

Abstract. The results of studies on strengthening the galvanic bond by introduction an abrasive smaller grain size powder into it are discussed. A comparative analysis of a standard abrasive tool and a tool, the working part of which consists of modified abrasive particles, the size of which is 1/3 of the size of the working abrasive tool, is presented. As indicators wear, cutting ability, and wear resistance are studied. The positive effect of the proposed method is confirmed by the results of comparative tests of a medical rotating cutting tool made with the introduction of fine diamond powder into a metal bond of a dental bur and electrocorundum of a similar fraction into the working part of a podology bur.

Keywords: hybrid diamond burs, burs for podiatry, burs for podiatry, cutting temperature, wear resistance, cutting ability, medical rotating cutting tool

Введение

Практикующие врачи-стоматологи для выполнения различных клинических задач в своей

работе используют абразивный вращающийся режущий инструмент (ИРВ). Зачастую качество работы специалиста зависит от эксплуатационных характеристик бора. В процессе резания абразив-

ные инструменты подвергаются периодическим и непрерывным силовым, тепловым и физико-химическим воздействиям, в результате чего их рабочие поверхности изнашиваются [1].

Подология (подиатрия) как раздел медицины существует на рынке услуг не так давно, но активно развивается. Специалисты данной области занимаются лечением заболеваний стопы и голени. В своей практике, в качестве абразивного инструмента, они заимствовали стоматологические боры, расширив их применение [2].

На рынке представлено огромное разнообразие абразивного медицинского инструмента российских и зарубежных производителей различной ценовой категории. Изучая соотношение цена—качество стоматологических боров и отзывы практикующих врачей, можно сделать вывод, что достойное место среди отечественных и зарубежных производителей занимает фирма "ВладМиВа". Маркетинговые и научные исследования и постоянное внимание компании к растущим потребностям рынка стимулируют производство к разработке новых способов изготовления медицинского вращательного инструмента, улучшая его эксплуатационные характеристики.

Одной из основных характеристик бора является удерживающая способность абразивного зерна в связке [1]. Если геометрические параметры металлической заготовки соответствуют требованиям НД, при этом отклонение от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси не превышает допустимых значений, алмазное зерно нанесено равномерно, нет наростов абразива, радиальное биение инструмента будет сведено к нулю. Потеря алмазных зерен нарушает балансировку бора, вибрация инструмента увеличивается, что приводит к ухудшению качества обработки поверхности.

В процессе резания инструмент нагревается за счет трения об обрабатываемую поверхность. Чрезмерный нагрев может привести к ожогу. В процессе резания разогретый алмаз, который обладает наибольшей теплопроводностью (20...24 Вт/см), локально нагревает связку с меньшей теплопроводностью. В отсутствие возможности интенсивного перераспределения температуры нагружение алмаза приводит к значимой локальной деформации связки и повышению вероятности вырывания причинного зерна. Учитывая различие свойств сред рабочей части инструмента, необходимо минимизировать анизотропию, перераспределив высокую температуру на больший объем связки, таким образом повысить износостойкость ротационного инструмента.

Анализ существующих на мировом рынке видов медицинского вращающегося абразивного режущего инструмента, а также современных подходов к решению проблем повышения его эксплуатационных характеристик показал, что производители боров придерживаются стандартного монослойного изготовления вращающегося режущего инструмента, при котором используются алмазы одной фракции, заполняющие 70 % рабочей части инструмента. Ряд работ, посвященных упрочнению гальванической связки, введению дополнительной фракции алмаза, имеют различного рода недостатки, связанные с плотностью алмазного зерна на рабочей части, глубиной зарошенности и размером зерна дополнительной фракции [3—7]. Возможно, это является причиной отсутствия на медицинском рынке бора, произведенного по данной технологии.

Исследования инженеров опытно-экспериментального завода "ВладМиВа" привели к корректировке технологического процесса изготовления медицинского бора, посредством введения в связку мелкого абразивного зерна, размер которого составляет 1/3 размера рабочего алмаза [8]. Модель инструмента представлена на рис. 1.

При этом в качестве каркасного мелкого зерна для производства стоматологического инструмента используют синтетический алмаз, а для подиатрии — электрокорунд.

Алмаз, как самый твердый материал в природе, при приложении усилия способен разрезать практически любую поверхность. При нагружении он скалывается, образуя дополнительную грань. Синтетический алмаз при резании оплавляется, теряя свои режущие свойства, но обладает практически теми же прочностными характеристиками и ценой в 7 раз меньше, может быть использован в качестве наполнителя связки.

Однородная структура и чистота электрокорунда позволяют использовать его в качестве за-

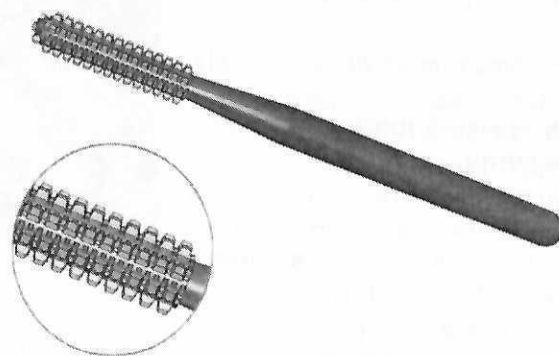


Рис. 1. Модель медицинского ВРИ, построенная посредством программы T-Flex CAD

мены каркасного зерна в целях удешевления инструмента [9].

Цель исследования. Для подтверждения целесообразности введения в металлическую связку абразивного вращающегося медицинского режущего инструмента мелкой фракции алмаза для стоматологических боров и электрокорунда для подологии, в целях повышения его эксплуатационных характеристик, провести сравнительный анализ стандартного бора (886.104.126.080.016) и гибридного, в качестве мелкой фракции которого используют алмаз (886.104.126.080.016g) и электрокорунд (886.104.126.080.016 ge).

Методология и методы исследований

Сравнительный анализ морфологии, засаливаемости, режущей способности, износа, износостойкости рабочей части проводили по стандартным (ГОСТ Р ИСО 7711-1—2010. Инструменты стоматологические вращающиеся. Инструменты алмазные) и разработанным методикам.

Морфологию рабочей части инструмента исследовали на цифровом микроскопе и настольном растровом электронном микроскопе-микроанализаторе ТМ3030 HITACHI, который оснащен приставкой энергодисперсионного микроанализа (энергодисперсионной спектроскопии, ЭДС) QUANTAX.

При трибологических испытаниях в качестве обрабатываемой поверхности использовали эмаль, укрепленных в гипсблок зубов и пластины толщиной 2 мм из стеклотекстолита марки СФ-1-50.

Засаливаемость рабочей части бора определяли по формуле

$$\Delta m_3 = m_1 - m_2, \quad (1)$$

где m_1 — масса инструмента после резания;

m_2 — масса инструмента после обработки (резание обрабатываемой поверхности и очистки от шлама в ультразвуковой ванне в течение 3 мин).

Глубину, пройденную рабочей частью бора за определенный промежуток времени при

резании обрабатываемой поверхности, оценивали как режущую способность.

Износ оценивали изменением диаметра Δd рабочей части и массы Δm обработанного инструмента. Массу определяли на весах специального класса точности с погрешностью измерения 0,0003 г.

Способность металлической связки удерживать абразивное зерно на рабочей поверхности считали износостойкостью, которую оценивали визуально и посредством электронного микроскопа.

Испытание проводили на стенде, имитирующем реальные условия нагружения и износа вращающегося инструмента при сверлении пластин. Скорость вращения бора 5000 мин⁻¹, сила 4 Н.

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно разработанной технологии изготовления медицинского вращающегося режущего инструмента были изготовлены опытные образцы

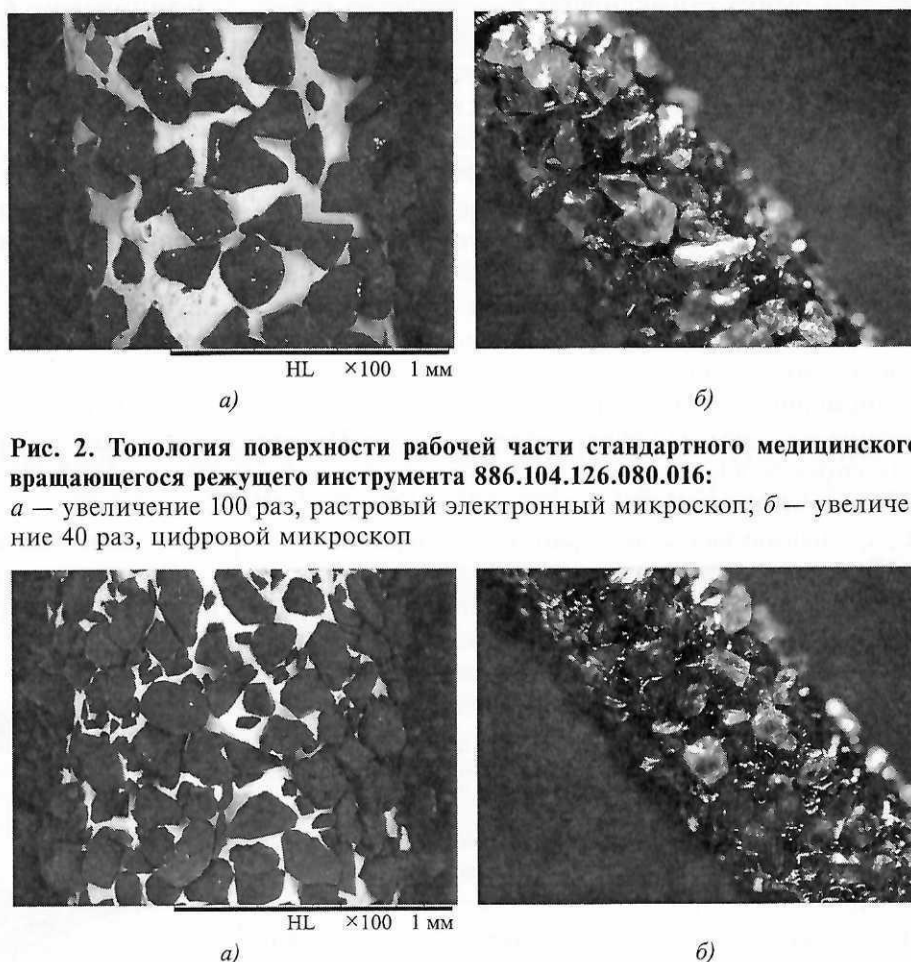


Рис. 2. Топология поверхности рабочей части стандартного медицинского вращающегося режущего инструмента 886.104.126.080.016:

a — увеличение 100 раз, растровый электронный микроскоп; *б* — увеличение 40 раз, цифровой микроскоп

Рис. 3. Топология поверхности рабочей части стандартного медицинского вращающегося режущего инструмента 886.104.126.080.016g:

a — увеличение 100 раз, растровый электронный микроскоп; *б* — увеличение 40 раз, цифровой микроскоп

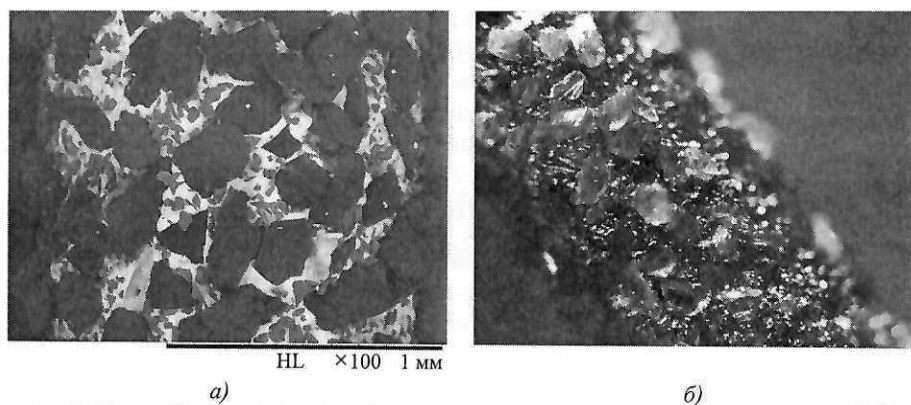


Рис. 4. Топология поверхности рабочей части стандартного медицинского вращающегося режущего инструмента 886.104.126.080.016 ge:
а — увеличение 100 раз, растровый электронный микроскоп; б — увеличение 40 раз, цифровой микроскоп

Сравнительная оценка стандартных и гибридных боров алмаз-алмаз и алмаз-электрокорунд

Параметр	ВРИ 200-160	ВРИ 200-160/63-50 мкм	
		алмаз- алмаз	алмаз- электро- корунд
Обработка эмали			
Режущая способность за 1 мин, мм	5,86 ± 0,22	10,5 ± 0,31	Полная потеря алмазов после 0,5 мин обработки
Засаливаемость (Δm _з) за 1мин, мг	1,8 ± 0,2	0,8 ± 0,3	
Износ:			
Δm, мг	1,0 ± 0,2	0,6 ± 0,1	
Δd, мкм	97 ± 6	22 ± 3	
Износостой- кость, мин	4,0 ± 1,0	10,0 ± 2,0	
Обработка стеклотекстолита			
Режущая способность за 5 мин, мм	58,38 ± 1,23	92,69 ± 2,70	92,03 ± 3,15
Засаливаемость (Δm _з) за 5мин, мг	7,3 ± 0,5	2,0 ± 0,3	1,9 ± 0,4
Износ:			
Δm, мг	0,8 ± 0,2	0,4 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Δd, мкм	53 ± 6	12 ± 1	0
Износостой- кость, мин	15 ± 1	45 ± 3	48 ± 3

гибридных инструментов алмаз-алмаз и алмаз-электрокорунд.

Для оценки работоспособности инструмента определили топологию рабочей части стандартного инструмента (рис. 2, а, б), гибридного бора (рис. 3, а, б) с алмазом в качестве каркасного зерна, и инструмента (рис. 4, а, б), в гальваническую связку которого в качестве дополнительного абразива введен электрокорунд.

Исследуя внешний вид рабочей поверхности образцов, видим, что рабочий алмаз гибридного инструмента распределен

однородно, без наслоений и поверхность металлической связки покрыта частицами наполнителя, что минимизирует ее соприкосновение с обрабатываемой поверхностью.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод — режущая способность стандартного бора имеет значения ниже гибридного в 1,5—2 раза, в 2—3 раза выше засаливаемость, величина износа, а также режущая способность уступают. При сравнении значений гибридных инструментов износостойкость бора алмаз-электрокорунд при резании зубной эмали значительно уступает инструменту алмаз-алмаз, но при обработке материалов менее прочных (стеклотекстолит) износостойкость, засаливаемость и режущая способность данных образцов одинаковы (см. таблицу). Рекомендовано использование гибридного вращающегося режущего инструмента алмаз-электрокорунд для выполнения подологических работ.

Выводы

Подтверждена целесообразность введения в металлическую связку абразивного вращающегося медицинского режущего инструмента мелкой фракции алмаза для стоматологических боров и электрокорунда для подологии в целях повышения его эксплуатационных характеристик. Сравнительный анализ эксплуатационных характеристик стандартного бора (886.104.126.080.016) и гибридного, в качестве мелкой фракции которого используют алмаз (886.104.126.080.016g) и электрокорунд (886.104.126.080.016 ge) показал значительное преимущество гибридного инструмента.

Проведение клинических испытаний врачами стоматологами инструмента алмаз-алмаз [20] и специалистами подологами инструмента алмаз-

электрокорунд показали положительные результаты предложенного способа изготовления.

Проведенный технико-экономический анализ внедрения данного способа изготовления вращающегося режущего инструмента показал, что введение микроалмазов в связку увеличивает себестоимость сверла на 2 % по сравнению со стандартным инструментом, при этом значения эксплуатационных характеристик выше, что говорит о явных преимуществах данного вида инструмента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Повышение** эффективности алмазного инструмента на металлической связке при шлифовании высокопрочных материалов / А.С. Янющкин, Д.В. Лобанов, В.Ю. Скиба [и др.] // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. Новосибирск. 2017. № 3 (76). С. 17–27.

2. **Привалов А.М.** Современная хирургия стопы: взаимодействие ортопеда и подолога // *Успехи современной науки и образования*. 2017. Т. 1, № 1. С. 33–36.

3. **Effect of Harmonic Structure Design with Bimodal Grain Size Distribution on Near-Threshold Fatigue Crack Propagation in Ti–6Al–4V Alloy** / K. Shoichi [et al.] // *International Journal of Fatigue*. 2016. Vol. 92. P. 616–622. DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2016.02.038.

4. **Алмазный** инструмент с повышенной износостойкостью для труднообрабатываемых композиционных материалов / Е.Е. Ашкинази, А.В. Хомич, В.Е. Роголин

[и др.] // *Физика и химия обработки материалов*. 2019. № 5. С. 42–67. DOI 10.30791/0015-3214-2019-5-42-67.

5. **Связка** алмазного инструмента с гибридным наномодифицированием для обработки высокоабразивных материалов / П.А. Логинов, Д.А. Сидоренко, М.Я. Бычкова, Е.А. Левашов // *Цветные металлы*. 2018. № 3. С. 85–90. DOI 10.17580/tsm.2018.03.13.

6. **Дисперсное** упрочнение наночастицами алмазного композиционного электрохимического покрытия / Н.И. Полушин, А.В. Кудинов, В.В. Журавлев [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. 2011. № 4. С. 49–53.

7. **Meyers M.A., Mishra A., Benson D.J.** Mechanical properties of nanocrystalline materials // *Progress in Materials Science*. 2006. Vol. 51, iss. 4. P. 427–556.

8. **Пат. 2647723 С1 Российская Федерация.** Способ изготовления алмазного инструмента / Половнева Л.В., Чуев В.П., Бузов А.А. [и др.], заявка № 2017121231 заявл. 16.06.2017; опубл. 19.03.2018, Бюл. № 8.

9. **Mechanical properties of two types of Al₂O₃/TiC ceramic cutting tool material at room and elevated temperatures** / M. Cheng, H. Liu, B. Zhao [et al.] // *Ceramics International*. 2017. Vol. 43, iss. 16. P. 13869–13874.

10. **Овчинников И.В.** Клинико-лабораторное обоснование разработки и применения гибридных алмазных боров: дис. ... канд. мед. наук. Белгород, 2020. 149 с.

Статья поступила в редакцию 05.03.2022;
одобрена после рецензирования 14.03.2022;
принята к публикации 14.03.2022.

