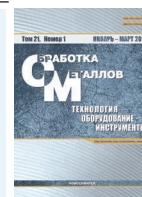




Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

Сайт журнала: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov



Гибридная технология электрохимической обработки сложнопрофильных изделий

Михаил Борисов^a, Дмитрий Лобанов^{b, *}, Александр Янюшкин^c

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, пр. Московский, 15, г. Чебоксары, 428015, Россия

^a  <http://orcid.org/0000-0001-9084-1820>,  borisovmgou@mail.ru, ^b  <http://orcid.org/0000-0002-4273-5107>,  lobanovdv@list.ru,

^c  <http://orcid.org/0000-0003-1969-7840>,  yanyushkinas@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.9.047

История статьи:

Поступила: 14 декабря 2018
Рецензирование: 21 января 2019
Принята к печати: 11 февраля 2019
Доступно онлайн: 15 марта 2019

Ключевые слова:

Электрохимическое шлифование
Электрохимическое полирование
Гибридная технология
Алмазная головка
Керамическое покрытие

АННОТАЦИЯ

Введение. Развитие современных технологий обработки конструкционных материалов значительно повысило требования не только к оборудованию, оснастке и инструменту для реализации процессов, но и к качеству обработанных поверхностей. Особо остро эта проблема прослеживается при создании изделий индивидуального сложного профиля, зачастую изготавливаемых по единичным технологиям, что ведет к необходимости снижения себестоимости при сохранении эффективности изготовления. Наиболее часто детали такого типа применяются в судостроении, авиастроении, машиностроении, медицине. Для механической (ручной) обработки металлического каркаса при зубопротезировании используются ротационные инструменты, в том числе зуботехнические бормашины. Они оснащаются цанговыми патронами, в которые устанавливаются твердосплавные фрезы, шлифовальные корундовые головки на керамической связке и алмазные головки на металлической связке. Алмазные головки на металлической связке применяются только для обработки изделий, которые не покрываются затем керамикой. Для обработки металлических каркасов под покрытие керамикой их применять не рекомендуется, так как алмазные головки на металлической связке оставляют царапины, в которых в процессе обжига керамики могут скапливаться и застаиваться газы, приводящие к дефектам керамического покрытия. Кроме того, во время обработки происходит «засаливание» инструмента. Приходится прерывать процесс обработки и чистить алмазные головки в пескоструйном аппарате. **Цель работы.** В работе решается задача, связанная с обеспечением возможности использования высокоэффективных алмазных головок на металлической связке для механической (ручной) финишной обработки металлических каркасов под дальнейшее покрытие керамикой путем применения и комбинирования известных способов электрохимического шлифования и электрохимического полирования изделий (гибридных технологий финишной обработки). **Результаты и обсуждение.** Исследования проводились путем механической (ручной) обработки образцов из стали 12Х18Н10Т. На собранном нами лабораторном стенде проводились сравнительные испытания трех способов обработки металлических заготовок: традиционное шлифование образцов стоматологической алмазной головкой, электрохимическое шлифование образцов стоматологической алмазной головкой и электрохимическое шлифование образцов стоматологической алмазной головкой с последующим электрохимическим полированием образцов круглым электродом, изготовленным из проволоки ДКРНМ 2,5 Л63, ГОСТ 1066–2015. Изображения поверхности обработанных разным способом образцов и химический состав поверхности образца были получены на настольном сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM4000Plus. Измерение величины шероховатости обработанной поверхности проводилось на профилометре модели 130. Применение способа электрохимического шлифования алмазной головкой на металлической связке с последующим электрохимическим полированием круглым электродом позволяет устранить царапины от обработки алмазной головкой и создать необходимую топографию поверхности для обеспечения механической связи между металлическим каркасом и керамикой. Анализ результатов сравнительных исследований позволяет нам сделать вывод, что лучшим, с точки зрения качества, эффективности обработки и условий обеспечения топографии поверхности, пригодной для обеспечения устойчивой механической связи между металлическим каркасом и керамикой, является гибридная технология обработки на одном технологическом оборудовании с использованием электрохимического шлифования алмазной головкой на металлической связке с последующим электрохимическим полированием круглым электродом.

Для цитирования: Борисов М.А., Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Гибридная технология электрохимической обработки сложнопрофильных изделий // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21, № 1. – С. 25–34. – doi: 10.17212/1994-6309-2019-21.1-25-34.

*Адрес для переписки

Лобанов Дмитрий Владимирович, д.т.н., доцент
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова
пр. Московский, 15,
428015, г. Чебоксары, Россия
Тел.: +7-908-303-47-45, e-mail: lobanovdv@list.ru

Введение

Развитие современных технологий обработки конструкционных материалов значительно повысило требования не только к оборудованию, оснастке и инструменту для реализации процессов, но и к качеству обработанных поверхностей. Особо остро эта проблема прослеживается при создании изделий индивидуального сложного профиля, зачастую изготавливаемых по единичным технологиям, что ведет к необходимости снижения себестоимости при сохранении эффективности изготовления. Наибольшее применение детали такого типа нашли в судостроении, авиастроении, машиностроении, медицине.

В частности, в стоматологии в последние годы все большее применение получают металлокерамические несъемные зубные протезы, представляющие собой сложнопрофильное литое изделие, изготовленное с применением механической обработки. Они в наибольшей степени удовлетворяют возросшим эстетическим требованиям и лишены недостатков штамповочно-паяных конструкций. Металлокерамическая конструкция состоит из металлического каркаса, покрытого тремя основными слоями керамической массы.

Металлический каркас отливается из труднообрабатываемых сплавов, включающих в свой состав хром с кобальтом или никелем, в том числе из стали 12Х18Н10Т. Каркас является одной из важнейших составных частей металлокерамической конструкции, поэтому особое значение приобретает его прочность и качество. Тонкий и ослабленный металлический каркас отрицательно влияет на прочность всей металлокерамической системы и особенно мостовидного протеза. Низкое качество поверхности металлического каркаса приводит к отслоениям керамического покрытия и изменениям его цветовой гаммы.

Для механической (ручной) обработки металлического каркаса используются ротационные инструменты, в том числе зуботехнические бормашины. Они оснащаются цанговыми патронами, в которые устанавливаются твердосплавные фрезы, шлифовальные корундовые головки на керамической связке и алмазные головки на металлической связке. Алмазные головки на металлической связке применяются только для обработки изделий, которые не покрываются затем

керамикой. Для обработки металлических каркасов под покрытие керамикой их применять не рекомендуется [1, 2], так как алмазные головки на металлической связке оставляют царапины (следы от абразивной обработки), в которых в процессе обжига керамики могут скапливаться и застаиваться газы, приводящие к дефектам керамического покрытия. Кроме этого во время обработки происходит интенсивный процесс потери работоспособности алмазного инструмента (засаливание), приходится прерывать процесс обработки и чистить алмазные головки в пескоструйном аппарате. Это в значительной мере снижает эффективность обработки.

Традиционно используемая технология изготовления каркаса на сегодняшний день такова: металлический каркас для уменьшения шероховатости его поверхности обрабатывают с помощью шлифовальных инструментов на керамической связке очень тщательно, плавно и всегда в одном направлении. Затем проводят либо пескоструйную обработку каркаса, либо полирование всего изделия целиком с применением стационарного электрода сложной формы. Этот последний этап завершает создание поверхности с топографией, пригодной для обеспечения устойчивой механической связи между металлическим каркасом и керамикой [1, 2]. Недостаток традиционно применяемой технологии состоит в том, что шлифовальные инструменты на керамической связке имеют относительно больший расход по сравнению, например, с инструментами на металлической связке, что приводит к существенному снижению производительности и повышению стоимости обработки [3–10].

Резерв повышения эффективности обработки и качества поверхности таких изделий видится в использовании современных методов комбинированной электрохимической или электрофизической обработки. Так, в машиностроении для повышения производительности обработки металлических изделий, изготавливаемых на шлифовальных и заточных станках, применяется электрохимическое шлифование алмазным инструментом на металлической связке [11–15]. При этом правка инструмента может осуществляться постоянно, если используются две электрические цепи – рабочая цепь и цепь правки инструмента, или периодически, если используется одна электрическая цепь. Направление

и длительность импульсов тока, проходящего по одной электрической цепи, можно изменять с использованием специального блока управления [16, 17]. Если же результат обработки не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству поверхности изделия, то после электрохимического шлифования алмазным токопроводящим инструментом дополнительно проводится процесс электрохимического полирования вращающимися электродами [18]. Последовательная реализация технологий механической, электрофизической и электрохимической обработки на одном технологическом оборудовании позволит синтезировать гибридную технологию электрохимической обработки сложнопрофильных металлических изделий, сочетающую в себе достоинства каждого из видов обработки, для достижения необходимых экономических и качественных показателей [19–26].

Таким образом, в работе предлагается решение задачи, связанной с обеспечением возможности использования высокоэффективных алмазных головок на металлической связке для механической (ручной) финишной обработки металлических каркасов под дальнейшее покрытие керамикой путем применения и комбинирования известных способов электрохимического шлифования и электрохимического полирования изделий (гибридных технологий финишной обработки).

Методика исследований

Исследования проводились путем механической (ручной) обработки образцов из стали 12X18H10T, нарезанных на токарном станке из прутка диаметром 10 мм и длиной по 6 мм. В качестве ротационного инструмента для проведения экспериментов использовали гравер ЗУБР ЗГ-160ЭК, так как число оборотов вала гравера соответствует числу оборотов бормашин зуботехнических. При этом его стоимость значительно ниже стоимости бормашин зуботехнических. Гравер был модернизирован путем изоляции гибкого вала от корпуса гравера и оснащении его щеточным устройством для обеспечения возможности подвода к нему электрического тока от источника постоянного тока номинальным напряжением 14,7 В, размещенным в блоке управления (рис. 1).

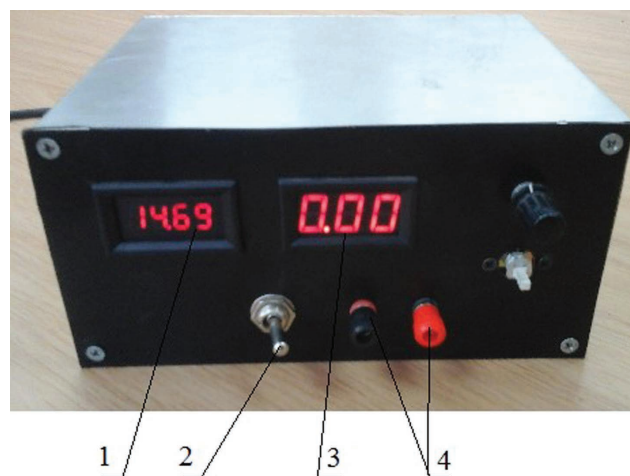


Рис. 1. Блок управления:

1 – вольтметр; 2 – переключатель полярности; 3 – амперметр; 4 – выходные клеммы

Fig. 1. The control unit:

1 – voltmeter; 2 – polarity switch; 3 – ammeter; 4 – output terminals

Гибкий вал гравера снабжен цанговым патроном для установки сменного инструмента. Образцы закреплялись в специальном изолированном от рук человека токопроводящем пинцете, который соединялся с источником тока. На рис. 2 показана фотография лабораторного стенда.

На собранном лабораторном стенде проводились сравнительные испытания трех способов обработки металлических заготовок.

Способ обработки № 1. Традиционное шлифование образцов стоматологической алмазной головкой на металлической связке.



Рис. 2. Лабораторный стенд:

1 – гравер; 2 – гибкий вал гравера; 3 – блок управления; 4 – пинцет для закрепления образца

Fig. 2. Laboratory stand:

1 – engraver; 2 – flexible engraver shaft; 3 – control unit; 4 – tweezers for fixing the sample

Способ обработки № 2. Электрохимическое шлифование образцов стоматологической алмазной головкой на металлической связке.

Способ обработки № 3. Электрохимическое шлифование образцов стоматологической алмазной головкой на металлической связке и последующее электрохимическое полирование образцов круглым электродом.

Традиционное шлифование образцов стоматологической алмазной головкой на металлической связке, которое не рекомендуется применять для обработки металлических каркасов под покрытие керамикой, проводилось для получения исходных данных в целях сравнения его с результатами двух других способов обработки.

Обработка осуществлялась в первом случае без электролита, а во втором и третьем случае – в ванночке с электролитом на водной основе (NaNO_3 – 3 %, NaNO_2 – 1 %, Na_2CO_3 – 0,5 %).

На рис. 3 показана фотография зоны обработки.

При обработке образцов число оборотов вала гравера соответствовало $30\,000\text{ мин}^{-1}$. Время обработки всей поверхности образца за один проход равнялось двум минутам. Глубина резания примерно составляла 0,1 мм. Использовалась цилиндрическая стоматологическая алмазная головка на металлической связке диаметром 3 мм. Размер зерна 90...125 мкм. При электрохимическом полировании использовался электрод, изготовленный из проволоки ДКРНМ 2,5 ЛБ3, ГОСТ 1066–2015. Сила тока в рабочей цепи и цепи правки инструмента 0,1...0,18 А, напряже-

ние 13,5...14,7 В. Правка инструмента осуществлялась электрохимическим способом периодически после обработки каждого образца.

Изображения поверхности обработанных разным способом образцов и химический состав поверхности образца были получены на настольном сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM4000Plus. Измерение величины шероховатости обработанной поверхности проводилось на профилометре модели 130.

Результаты и их обсуждение

Способ обработки № 1

На рис. 4 изображена поверхность образца № 1. На фотографии видны ориентированные в одном направлении на всю длину образца царапины от обработки алмазной головкой. Их ширина составляет от 3,74 до 11,7 мкм. Измеренная шероховатость обработанной поверхности $R_a = 0,408$ мкм.

Способ обработки № 2

На рис. 5 представлено изображение поверхности образца № 2. На фотографии видны также ориентированные в одном направлении дефекты поверхности в виде углублений с неявно выраженными очертаниями. Их ширина составляет от 20,5 до 28,8 мкм, а длина порядка 80 мкм. Измеренная шероховатость обработанной поверхности $R_a = 0,332$ мкм.

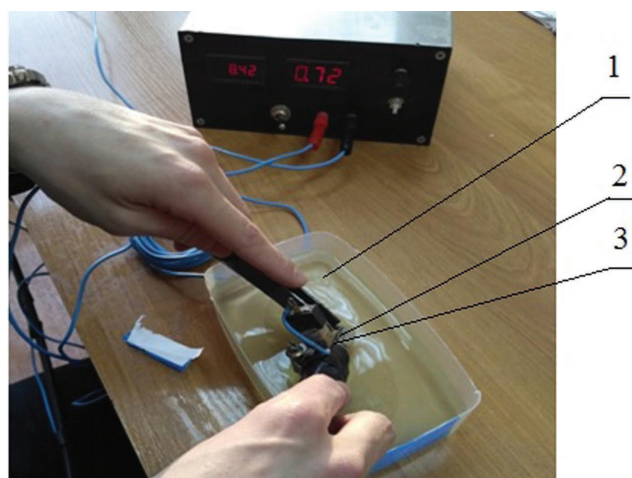


Рис. 3. Зона обработки:

1 – ванна с электролитом; 2 – образец; 3 – инструмент

Fig. 3. Processing area:

1 – bath with electrolyte; 2 – sample; 3 – tool

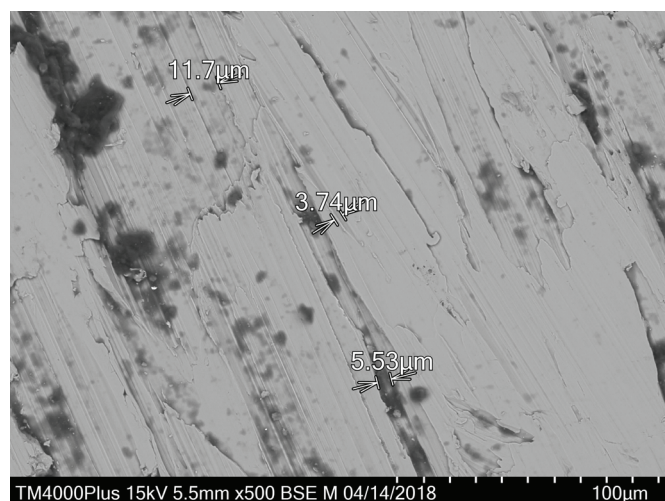


Рис. 4. Изображение поверхности образца № 1, обработанного традиционным способом стоматологической алмазной головкой

Fig. 4. Image of the surface of sample No. 1, processed in the traditional way with a dental diamond head

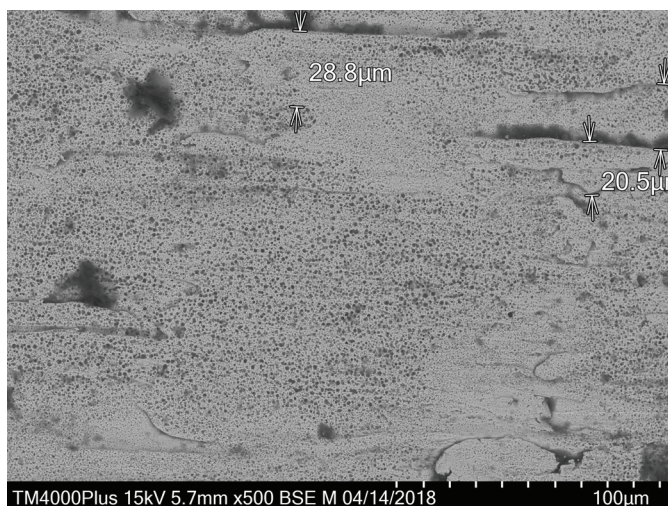


Рис. 5. Изображение поверхности образца № 2, обработанного способом электрохимического шлифования стоматологической алмазной головкой

Fig. 5. Image of the surface of sample No. 2, processed by an electrochemical grinding method with a dental diamond head

Способ обработки № 3

На рис. 6 изображена поверхность образца № 3. На фотографии видны дезориентированные дефекты поверхности. Их максимальная величина по ширине и длине на измеренном участке достигает значения порядка 2 мкм. Измеренная шероховатость обработанной поверхности $R_a = 0,243$ мкм.

Топографию поверхности, пригодную для обеспечения устойчивой механической связи между металлическим каркасом и керамикой,

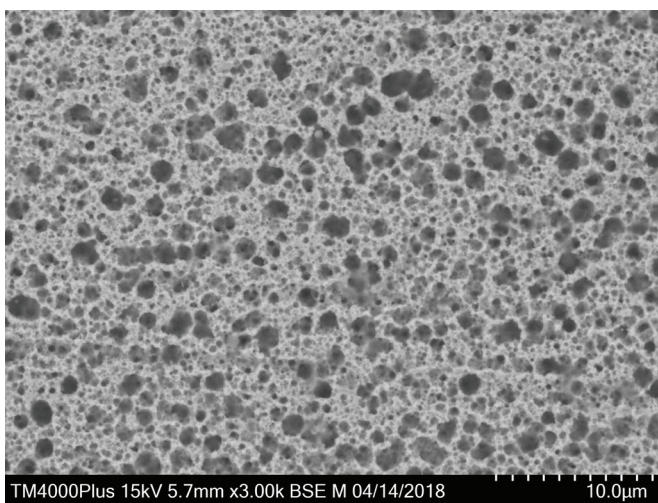


Рис. 6. Изображение поверхности образца № 3, обработанного электрохимическим шлифованием стоматологической алмазной головкой и последующим электрохимическим полированием круглым электродом

Fig. 6. Image of the surface of sample No. 3, treated by electrochemical grinding with a dental diamond head and subsequent electrochemical polishing with a round electrode

обеспечивает обработка электрохимическим шлифованием стоматологической алмазной головкой и последующим электрохимическим полированием круглым электродом.

Химический состав поверхности образца № 3 представлен на рис. 7. Спектрометр показывает наличие на поверхностном слое образца изделия только элементов обрабатываемого материала и

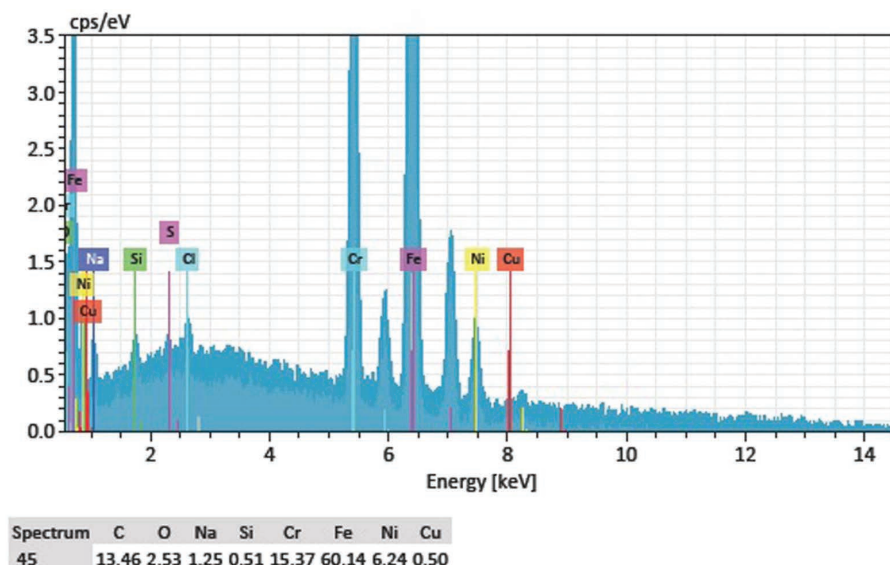


Рис. 7. Химический состав поверхности образца
Fig. 7. The chemical composition of the sample surface

применяемых инструментов, что говорит о стабильности процессов в зоне обработки.

На рис. 8 изображена гистограмма, показывающая зависимость шероховатости обработанной поверхности образцов от способа обработки. Наименьшая шероховатость поверхности достигается электрохимическим шлифованием образцов стоматологической алмазной головкой и последующим электрохимическим полированием образцов круглым электродом.

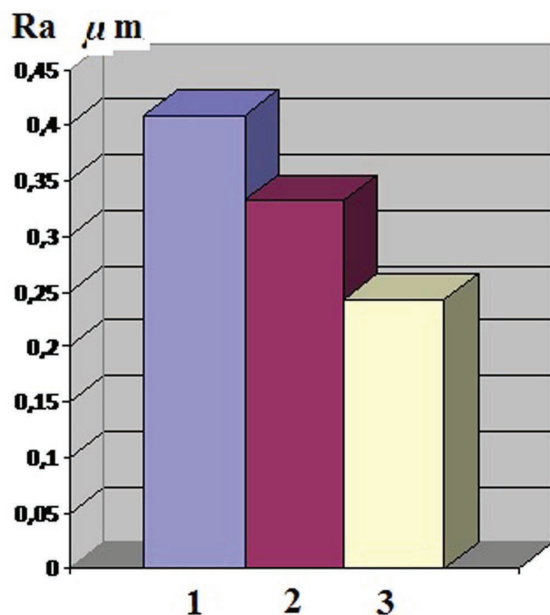


Рис. 8. Гистограмма, показывающая зависимость шероховатости обработанной поверхности образцов от способа обработки:

1 – традиционное шлифование образцов стоматологической алмазной головкой; 2 – электрохимическое шлифование образцов стоматологической алмазной головкой; 3 – электрохимическое шлифование образцов стоматологической алмазной головкой и последующее электрохимическое полирование образцов круглым электродом

Fig. 8. A histogram showing the dependence of the surface roughness of the samples on the processing method:

1 – traditional grinding of samples with a dental diamond head; 2 – electrochemical grinding of samples with a dental diamond head; 3 – electrochemical grinding of samples with a dental diamond head and subsequent electrochemical polishing of samples with a round electrode

Выводы

Анализ результатов сравнительных исследований позволяет сделать вывод, что лучшим с точки зрения качества, эффективности обработ-

ки и условий обеспечения топографии поверхности, пригодной для осуществления устойчивой механической связи между металлическим каркасом и керамикой, является гибридная технология обработки на одном технологическом оборудовании с использованием электрохимического шлифования алмазной головкой на металлической связке с последующим электрохимическим полированием круглым электродом.

Это создает предпосылки к дальнейшему детальному исследованию данной гибридной технологии для формирования обоснованных практических рекомендаций по режимам и условиям обработки с высокой эффективностью.

Список литературы

1. Троян И.С. Техника изготовления несъемных металлокерамических конструкций зубных протезов: учебное пособие / Волгоградский медицинский колледж. – Волгоград, 2013. – 24 с.
2. Химическая технология. Керамические и стеклокристаллические материалы для медицины: учебное пособие для магистратуры / В.И. Верещагин, Т.А. Хабас, Е.А. Кулинич, В.П. Игнатов. – М.: Юрайт, 2019. – 147 с. – (Университеты России). – ISBN 978-5-534-10880-4.
3. Гордон М.Б., Янюшкин А.С. Высокоэффективная электрохимическая обработка твердых сплавов в режиме самозатачивания алмазного круга и одновременного травления поверхности изделий // Вестник машиностроения. – 1984. – № 3. – С. 12–14.
4. Contact processes in grinding / A. Yanyushkin, D. Lobanov, P. Arkhipov, V. Ivancivsky // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 788. – P. 17–21. – doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.788.17.
5. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В. Потеря режущей способности алмазных кругов на металлической связке при шлифовании композиционных материалов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2013. – № 1 (47). – С. 178–183.
6. Носенко В.А., Носенко С.В. Плоское глубинное шлифование пазов в заготовках из титанового сплава с непрерывной правкой шлифовального круга // Вестник машиностроения. – 2013. – № 4. – С. 74–79.
7. Nosenko V.A., Mitrofanov A.P., Butov G.M. Impregnation of abrasive tools with foaming agents // Russian Engineering Research. – 2011. – Vol. 31, iss. 11. – P. 1160–1163. – doi: 10.3103/S1068798X11110189.
8. Popov V.Yu., Arkhipov P.V., Rychkov D.A. Adhesive wear mechanism under combined electric diamond grinding // MATEC Web of Conferences. –



2017. – Vol. 129. – P. 01002. – doi: 10.1051/mateconf/201712901002.

9. Виноградова Т.Г., Салов П.М., Салова Д.П. Качество обработанных отверстий при электрокорундовом и аэроборном шлифовании // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – № 1. – С. 91–95.

10. Определение относительной абразивной способности кругов при безалмазной непрерывной правке / П.М. Салов, В.Н. Цай, С.С. Сайкин, Ю.И. Воронцов, Н.В. Мулюхин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 4. – С. 57–59.

11. Моделирование процесса стохастического взаимодействия инструмента и заготовки на операциях шлифования / С.М. Братан, В.Б. Богущкий, Ю.К. Новоселов, С.И. Рошупкин // Научные технологии в машиностроении. – 2017. – № 5 (71). – С. 9–18.

12. Identification of removal parameters at combined grinding of conductive ceramic materials / S. Bratan, S. Roshchupkin, A. Kolesov, B. Bogutsky // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 129. – P. 01079. – doi: 10.1051/mateconf/201712901079.

13. Nosenko S.V., Nosenko V.A., Bairamov A.A. Factors affecting the surface roughness in the deep grinding of titanium alloys // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, iss. 7. – P. 549–553. – doi: 10.3103/S1068798X15070151.

14. Рахмьянов Х.М., Журавлев А.И., Гаар Н.П. Установка для исследования электрохимических процессов в условиях лазерной активации процесса электрохимической размерной обработки // Научный вестник НГТУ. – 2010. – № 2 (39). – С. 135–144.

15. Попов В.Ю. Шероховатость поверхности быстрорежущего инструмента в зависимости от режимов электроалмазной обработки // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – № 2. – С. 21–26.

16. Борисов М.А., Мишин В.А., Дементьев Д.А. Разработка программируемого устройства для управления параметрами тока при электрохимической обработке // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции «Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение» / Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2017. – С. 188–192.

17. Борисов М.А., Мишин В.А. Аспекты применения электрохимического шлифования зубопротезных металлических изделий // Новые технологии науки, техники, педагогики высшей школы: материалы Международной научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2017» / Мо-

сковский политехнический университет. – Москва, 2017. – С. 157–159.

18. Мирзоев Р.А., Давыдов А.Д. Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов: учебное пособие. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2016. – 384 с. – ISBN 978-5-8114-2288-3.

19. Структура износостойких плазменных покрытий после высокоэнергетического воздействия ТВЧ / Ю.С. Чёсов, Е.А. Зверев, В.В. Иванцовский, В.Ю. Скиба, Н.В. Плотникова, Д.В. Лобанов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – № 4 (65). – С. 11–18.

20. Hybrid processing: the impact of mechanical and surface thermal treatment integration onto the machine parts quality / V.Yu. Skeebe, V.V. Ivancivsky, A.V. Kutyskin, K.A. Parts // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – P. 012016. – Vol. 126. – doi: 10.1088/1757-899X/126/1/012016.

21. Skeebe V., Pushnin V., Kornev D. Quality improvement of wear-resistant coatings in plasma spraying integrated with high-energy heating by high frequency currents // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 788. – P. 88–94. – doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.788.88.

22. Formation of high-carbon abrasion-resistant surface layers when high-energy heating by high-frequency currents / N.V. Plotnikova, V.Yu. Skeebe, N.V. Martyushev, R.A. Miller, N.S. Rubtsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – P. 012022. – Vol. 156. – doi: 10.1088/1757-899X/156/1/012022.

23. Integrated quality ensuring technique of plasma wear resistant coatings / E.A. Zverev, V.Yu. Skeebe, P.Yu. Skeebe, N.V. Martyushev // Key Engineering Materials. – 2017. – Vol. 736. – P. 132–137. – doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.132.

24. Theoretical-probabilistic model of the rotary belt grinding process / S. Bratan, A. Kolesov, S. Roshchupkin, T. Stadnik // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 129. – P. 01078. – doi: 10.1051/mateconf/201712901078.

25. Братан С.М., Сазонов С.Е., Колесов А.Г. Моделирование процессов доводки абразивными пастами // Научные технологии в машиностроении. – 2016. – № 1 (55). – С. 25–29.

26. Иванцовский В.В., Рахмьянов Х.М. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей машин при интеграции поверхностной термической и финишной механической обработки // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2005. – № 6. – С. 43–46.

Конфликт интересов

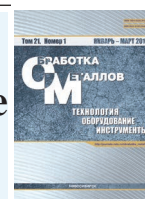
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2019 Авторы. Издательство Новосибирского государственного технического университета. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Obrabotka metallov - Metal Working and Material Science

Journal homepage: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov



Hybrid Technology of Electrochemical Processing of Complex Profiles

Mikhail Borisov^a, Dmitry Lobanov^{b, *}, Alexander Yanyushkin^c

I. N. Ulianov Chuvash State University, 15 Moskovsky Prospekt, Cheboksary, 428015, Russian Federation

^a <http://orcid.org/0000-0001-9084-1820>, borisovmgou@mail.ru, ^b <http://orcid.org/0000-0002-4273-5107>, lobanovdv@list.ru,
^c <http://orcid.org/0000-0003-1969-7840>, yanyushkinas@mail.ru

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 14 December 2018

Revised: 21 January 2019

Accepted: 11 February 2019

Available online: 15 March 2019

Keywords:

Electrochemical grinding

Electrochemical polishing

Hybrid technology

Diamond head

Ceramic coating

ABSTRACT

Introduction. The development of modern processing technologies for structural materials has significantly increased the requirements not only for equipment, accessories and tools for implementing processes, but also for the quality of machined surfaces. Particularly acute this problem can be traced when creating products of an individual complex profile, often produced by individual technologies, which leads to the need to reduce costs while maintaining production efficiency. The most widely used parts of this type were found in shipbuilding, aircraft manufacturing, mechanical engineering, and medicine. For the mechanical (manual) processing of the metal frame during dental prosthetics, rotary instruments are used, including dental drills. They are equipped with collet chucks, in which carbide mills, grinding corundum heads on a ceramic bond and diamond heads on a metal bond are installed. Diamond heads on a metal bond are used only for processing products that are not then covered with ceramics. It is not recommended to use them for machining metal frames under ceramic coating, as diamond heads on a metal bond leave scratches in which gases can accumulate and stagnate during the ceramic firing process, leading to defects in the ceramic coating. In addition, during the treatment, the tool becomes “salted”. It became necessary to interrupt the process and clean the diamond heads in a sandblaster. **Objective.** The paper solves the problem associated with ensuring the possibility of using high-performance diamond heads on a metal bond for mechanical (manual) finishing of metal frames for further coating with ceramics by applying and combining known methods of electrochemical grinding and electrochemical polishing of products (hybrid finishing technologies). **Results and discussion.** Studies are carried out by mechanical (manual) processing of samples of steel 12Cr18Ni10Ti. On the laboratory bench we assembled, comparative tests are carried out on three methods for processing metal blanks: traditional grinding of samples with a dental diamond head, electrochemical grinding of samples with a dental diamond head and electrochemical grinding of samples with a dental diamond head followed by electrochemical polishing of samples with a round electrode made of wire DKRNM 2.5 L63 (GOST 1066–2015). Images of the surface of samples processed in different ways and the chemical composition of the surface of the sample are obtained on a Hitachi TM4000Plus desktop scanning electron microscope. Measurement of the roughness of the treated surface is carried out on a Model 130 profilometer. Applying an electrochemical grinding method with a diamond head on a metal bond followed by electrochemical polishing with a round electrode eliminates scratches from the diamond head treatment and creates the necessary surface topography to provide a mechanical connection between the metal frame and ceramic. Analysis of the results of comparative studies allows to conclude that the best, in terms of quality, processing efficiency and conditions for providing surface topography, suitable for ensuring a stable mechanical connection between the metal frame and ceramics, is a hybrid processing technology on one processing equipment using diamond electrochemical grinding head on a metal bond, followed by electrochemical polishing with a round electrode.

For citation: Borisov M.A., Lobanov D.V., Yanyushkin A.S. Hybrid technology of electrochemical processing of complex profiles. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty)* = *Metal Working and Material Science*, 2019, vol. 21, no. 1, pp. 25–34. doi:10.17212/1994-6309-2019-21.1-25-34. (In Russian).

* Corresponding author

Lobanov Dmitry V., D.Sc. (Engineering), Associate Professor
 I. N. Ulianov Chuvash State University
 15 Moskovsky Prospekt,
 428015, Cheboksary, Russian Federation
 Tel.: + 7-908-303-47-45, e-mail: lobanovdv@list.ru

References

1. Troyan I.S. *Tekhnika izgotovleniya nes''emnykh metallokeramicheskikh konstruksii zubnykh protezov* [Technique of manufacturing fixed metal-ceramic constructions of dentures]. Volgograd Medical College. Volgograd, 2013. 24 p.
2. Vereshchagin V.I., Khabas T.A., Kulinich E.A., Ignatov V.P. *Khimicheskaya tekhnologiya. Keramicheskie i steklokristallicheskie materialy dlya meditsiny* [Chemical Technology. Ceramic and glass-ceramic materials for medicine]. Moscow, Yurait Publ., 2019. 147 p. ISBN 978-5-534-10880-4.
3. Gordon M.B., Yanyushkin A.S. Vysokoeffektivnaya elektrokhimicheskaya obrabotka tverdykh splavov v rezhime samozatachivaniya almaznogo kruga i odnovremennogo travleniya poverkhnosti izdelii [High-performance electrochemical treatment of hard alloys in the mode of self-sharpening of the diamond wheel and simultaneous etching of the surface of products]. *Vestnik mashinostroeniya = Bulletin of Mechanical Engineering*, 1984, no. 3, pp. 12–14.
4. Yanyushkin A., Lobanov D., Arkhipov P., Ivancivsky V. Contact processes in grinding. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 788, pp. 17–21. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.788.17.
5. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Arkhipov P.V. Poterya rezhushchei sposobnosti almaznykh krugov na metallicheskoj svyazke pri shlifovanii kompozitsionnykh materialov [Loss of cutting ability of metal bound diamond wheels at grind of composite materials]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva = Vestnik SibGAU*, 2013, no. 1 (47), pp. 178–183.
6. Nosenko V.A., Nosenko S.V. Ploskoe glubinnoe shlifovanie pazov v zagotovkakh iz titanovogo splava s nepreryvnoi pravkoi shlifoval'nogo kruga [Flat deep groove grinding in titanium alloy block with continuous dressing grinding wheel]. *Vestnik mashinostroeniya = Bulletin of Mechanical Engineering*, 2013, no. 4, pp. 74–79.
7. Nosenko V.A., Mitrofanov A.P., Butov G.M. Impregnation of abrasive tools with foaming agents. *Russian Engineering Research*, 2011, vol. 31, iss. 11, pp. 1160–1163. doi: 10.3103/S1068798X11110189.
8. Popov V.Yu., Arkhipov P.V., Rychkov D.A. Adhesive wear mechanism under combined electric diamond grinding. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 129, pp. 01002. doi: 10.1051/mateconf/201712901002.
9. Vinogradova T.G., Salov P.M., Salova D.P. Kachestvo obrabotannykh otverstii pri elektrokorundovom i aerobornom shlifovanii [Quality of the processed apertures at alektrokorundic and aeroboric grinding]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya = Scientific and Technical Volga region Bulletin*, 2011, no. 1, pp. 91–95.
10. Salov P.M., Tsai V.N., Saikin S.S., Vorontsov Yu.I., Mulyukhin N.V. Opredelenie odnositel'noi abrazivnoi sposobnosti krugov pri bezalmaznoi nepreryvnoi pravke [Determination of relative abrasive ability in community without diamond continuous dressing]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya = Scientific and Technical Volga region Bulletin*, 2016, no. 4, pp. 57–59.
11. Bratan S.M., Bogutsky V.B., Novoselov Yu.K., Roshchupkin S.I. Modelirovanie protsessa stokhasticheskogo vzaimodeistviya instrumenta i zagotovki na operatsiyakh shlifovaniya [Process simulation of tool and blank stochastic interaction in grinding operations]. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii = Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*, 2017, no. 5 (71), pp. 9–18.
12. Bratan S., Roshchupkin S., Kolesov A., Bogutsky B. Identification of removal parameters at combined grinding of conductive ceramic materials. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 129, p. 01079. doi: 10.1051/mateconf/201712901079.
13. Nosenko S.V., Nosenko V.A., Bairamov A.A. Factors affecting the surface roughness in the deep grinding of titanium alloys. *Russian Engineering Research*, 2015, vol. 35, iss. 7, pp. 549–553. doi: 10.3103/S1068798X15070151.
14. Rakhimyanov Kh.M., Zhuravlev A.I., Gaar N.P. Ustanovka dlya issledovaniya elektrokhimicheskikh protsessov v usloviyakh lazernoi aktivatsii protsessa elektrokhimicheskoi razmernoi obrabotki [Installation for electrochemical processes investigation when laser activation of electrochemical dimensional processing occurs]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2010, no. 2 (39), pp. 135–144.
15. Popov V.Yu. Sherokhovatost' poverkhnosti bystrozrezhushchego instrumenta v zavisimosti ot rezhimov elektroalmaznoi obrabotki [Surface roughness of high speed tools after electro-diamond machining]. *Aktual'nye problemy v mashinostroenii = Actual problems in engineering*, 2015, no. 2, pp. 21–26.
16. Borisov M.A., Mishin V.A., Dement'ev D.A. [Development of a programmable device for controlling current parameters during electrochemical processing]. *Materialy III-ei Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Proektirovanie i perspektivnye tekhnologii v mashinostroenii, metallurgii i ikh kadrovoe obespechenie"* [Proceedings 3rd All-Russian Scientific and Practical Conference "Design and perspective technologies in mechanical engineering, metallurgy and their staffing"]. Cheboksary, 2017, pp. 188–192. (In Russian).

17. Borisov M.A., Mishin V.A. Aspekty primeneniya elektrokhimicheskogo shlifovaniya zuboproteznykh metallicheskiy izdelii [Aspects of the use of electrochemical grinding of dental prosthetic metal products]. *Novye tekhnologii nauki, tekhniki, pedagogiki vysshei shkoly* [New technologies of science, technology, pedagogy of higher education]. Moscow, 2017, pp. 157–159.
18. Mirzoev R.A., Davydov A.D. *Anodnye protsessy elektrokhimicheskoi i khimicheskoi obrabotki metallov* [Anode processes of electrochemical and chemical processing of metals]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2016. 384 p. ISBN 978-5-8114-2288-3.
19. Chesov Yu.S., Zverev E.A., Ivantsivskii V.V., Skiba V.Yu., Plotnikova N.V., Lobanov D.V. Struktura iznosostoikikh plazmennyykh pokrytii posle vysokoenergeticheskogo vozdeistviya TVCh [Structure of wear resistant plasma coatings after high-energy treatment using high-frequency currents]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2014, no. 4 (65), pp. 11–18.
20. Skeebe V.Yu., Ivancivsky V.V., Kutyskin A.V., Parts K.A. Hybrid processing: the impact of mechanical and surface thermal treatment integration onto the machine parts quality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, vol. 126, p. 012016. doi: 10.1088/1757-899X/126/1/012016.
21. Skeebe V., Pushnin V., Kornev D. Quality improvement of wear-resistant coatings in plasma spraying integrated with high-energy heating by high frequency currents. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 788, pp. 88–94. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.788.88.
22. Plotnikova N.V., Skeebe V.Yu., Martyushev N.V., Miller R.A., Rubtsova N.S. Formation of high-carbon abrasion-resistant surface layers when high-energy heating by high-frequency currents. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, vol. 156, p. 012022. doi: 10.1088/1757-899X/156/1/012022.
23. Zverev E.A., Skeebe V.Yu., Skeebe P.Yu., Martyushev N.V. Integrated quality ensuring technique of plasma wear resistant coatings. *Key Engineering Materials*, 2017, vol. 736, pp. 132–137. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.132.
24. Bratan S., Kolesov A., Roshchupkin S., Stadnik T. Theoretical-probabilistic model of the rotary belt grinding process. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 129, p. 01078. doi: 10.1051/mateconf/201712901078.
25. Bratan S.M., Sazonov S.E., Kolesov A.G. Modelirovanie protsessov dovodki abrazivnymi pastami [Modeling of processes of finishing by abrasive pastes]. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii = Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*, 2016, no. 1 (55), pp. 25–29.
26. Ivancivsky V.V., Rakhimyanov Kh.M. Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva poverkhnostnogo sloya detalei mashin pri integratsii poverkhnostnoi termicheskoi i finishnoi mekhanicheskoi obrabotki [Technological quality assurance of the surface layer of machine parts with the integration of surface thermal and finishing machining]. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya = Strengthening Technologies and Coatings*, 2005, no. 6, pp. 43–46.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2019 The Authors. Published by Novosibirsk State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).