

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ БОРОВ

Пура А. С., Соколовская О. И., Беляй А. М., Шиманский В. И

*Белорусский государственный медицинский университет, кафедра ортопедической стоматологии, * Белорусский государственный университет, г. Минск*

Ключевые слова: компрессионные плазменные потоки, электронная микроскопия, дифракция рентгеновских лучей.

Резюме: в статье представлены результаты исследования, проведенного с целью изучения влияния компрессионных плазменных потоков на физико-механические свойства стоматологических боров. Проведен обзор литературы, экспериментальное исследование. На основе исследования сделан вывод о модификации рабочей поверхности стоматологических боров, заключающейся в формировании мелкокристаллической структуры.

Resume: the article presents the results of a study conducted to explore the influence of compression plasma flows on the physical and mechanical properties of dental bores. A literature review and experimental studies were performed. Based on the study, a conclusion is made about the modification of the working surface of dental bores, which consists in the formation of a fine-crystal structure.

Актуальность. Одной из задач материаловедения на современном этапе является модификация структурно-фазового состояния приповерхностных слоев металлов и сплавов, направленная на улучшение их физико-механических параметров. Ряд проведенных ранее исследований показал уникальную возможность использования компрессионных плазменных потоков, генерируемых квазистационарными плазменными ускорителями, для модифицирования наружных слоев металлов и сплавов. Однако данный способ ранее не применялся для преобразования поверхности стоматологических алмазных боров, что может привести к изменению их трибологических свойств.

Цель: изучение влияния компрессионных плазменных потоков на физико-механические свойства стоматологических боров.

Задачи:

1. Исследование образцов стоматологических алмазных боров методами растровой электронной микроскопии, энергодисперсионного микроанализа и дифракции рентгеновских лучей;
2. Обработка образцов компрессионными плазменными потоками, генерируемыми в магнитоплазменном компрессоре компактной геометрии в остаточной атмосфере азота;
3. Повторное исследование образцов, анализ модифицированного слоя и разработка дальнейших методов исследования.

Материал и методы исследования. В качестве объектов исследования использовали образцы стоматологических алмазных боров (NTI, STRAUSS, НП ООО «СИСТЕМА») на гальванической связке шаровидной формы с диаметром 1,60 мм и дисперсностью 151 мкм.

Боры подвергались воздействию плотной компрессионной плазмой, которая

формировалась в магнитоплазменном компрессоре компактной геометрии. Особенность таких плазменных потоков является сочетание высокой плотности энергии и длительного времени стабильного существования самой плазмы, которое составляет около 100 микросекунд, что считается достаточно большим временем, в течение которого удастся поддерживать стабильное плазменное состояние с высокой плотностью энергии. Воздействие таких плазменных потоков на металлические материалы и сплавы позволяет их расплавлять, в том числе и самые тугоплавкие, и осуществлять их последующее скоростное затвердевание. Это приводит к изменению структуры обрабатываемого материала и его физико-механических характеристик.

Воздействие плазменного потока проводилось одновременно на все использованные боры, что позволяет утверждать, что все они находились в одинаковых условиях при обработке. Диаметр плазменного потока составлял около 2 – 3 см.

Использовались следующие методики исследования: растровая электронная микроскопия, энергодисперсионный микроанализ и метод дифракции рентгеновских лучей.

Растровая электронная микроскопия проводилась с использованием электронного микроскопа для получения изображения поверхности объекта с высоким (до 0,4 нанометра) пространственным разрешением. Основана на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом.

Энергодисперсионный микроанализ работает совместно с растровой электронной микроскопией, поэтому можно локально выбрать точку на изображении и определить в ней химический состав. Метод основан на регистрации характеристического рентгеновского излучения от атомов: с помощью пучка электронов атомы исследуемого образца возбуждаются, испуская характерное для каждого химического элемента рентгеновское излучение. Исследуя энергетический спектр такого излучения, можно сделать выводы о качественном и количественном составе образца.

Дифракция рентгеновских лучей на трёхмерной кристаллической решётке позволяет определять атомную структуру вещества, включающую в себя пространственную группу элементарной ячейки, её размеры и форму, а также определить группу симметрии кристалла.

Результаты исследования и их обсуждение. Методом дифракции рентгеновских лучей определили кристаллическую структуру материала рабочих частей боров. (На рентгеновские дифрактограммах видны сигналы (рефлексы), соответствующие отражениям от кристаллографических плоскостей) На всех полученных дифрактограммах видны сигналы от кристаллической решетки Ni и алмаза (рисунок 2,3). Однако, на образце № 1 сигналов от алмаза меньше (рисунок 1). Это объясняется тем, что на нем меньше плотность алмазных частиц. Исходя из результатов рентгеноструктурного анализа, структура никелевой связки у разных образцов немного отличается.

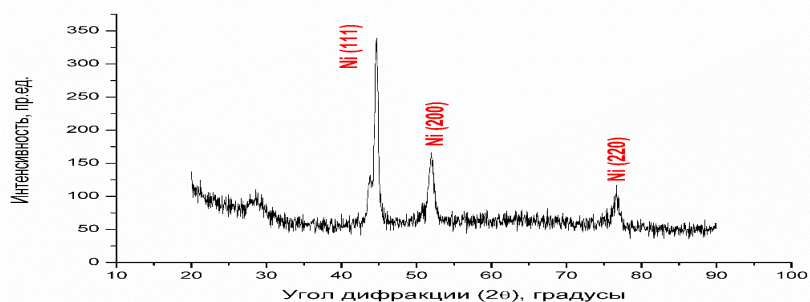


Рис. 1- Дифрактограмма бор НП ООО «СИСТЕМА»

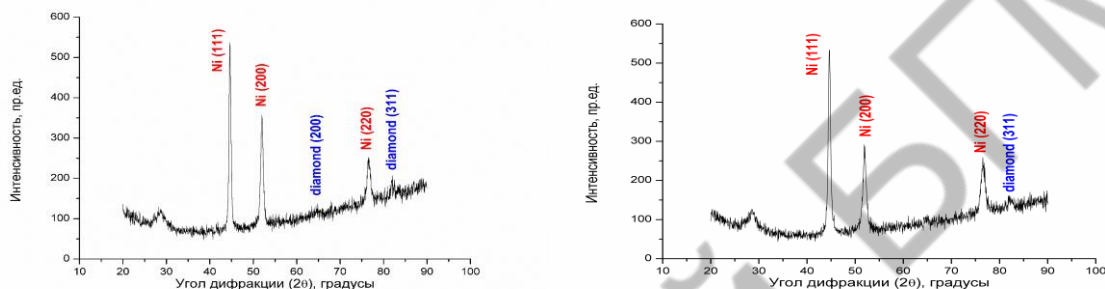


Рис. 2,3- Дифрактограмма бор NTI и бор STRAUSS

Определялся параметр решетки, т.е. расстояние между атомами:

Для образца № 1 – параметр решетки равен 0,3519 нм

Для образца № 2 – параметр решетки равен 0,3517 нм

Для образца № 3 – параметр решетки равен 0,3518 нм

Для стандартного образца никеля параметр решетки желателно равен 0,3523 нм, а отклонение от равновесного значения приводит к возникновению внутренних механических напряжений. Для образцов № 2 и 3 -имеются особенности формирования никелевой матрицы, при которых в материале формируются внутренние сжимающие напряжения. Именно эти механические напряжения могут препятствовать зарождению микротрещин в процессе эксплуатации, таким образом, срок службы боров повышается. Для образца № 1 уровень внутренних сжимающих напряжений ниже и их недостаточно для предотвращения растрескивания.

Исходя из растровой электронной микроскопии видно, что на поверхности инструмента присутствуют частицы (алмазные), которые внедрены в металлическую матрицу. Из сопоставления изображений можно заключить, что на инструменте № 1 количество алмазных частиц меньше, чем на образцах № 2 и № 3. (рисунок 4, 5, 6)

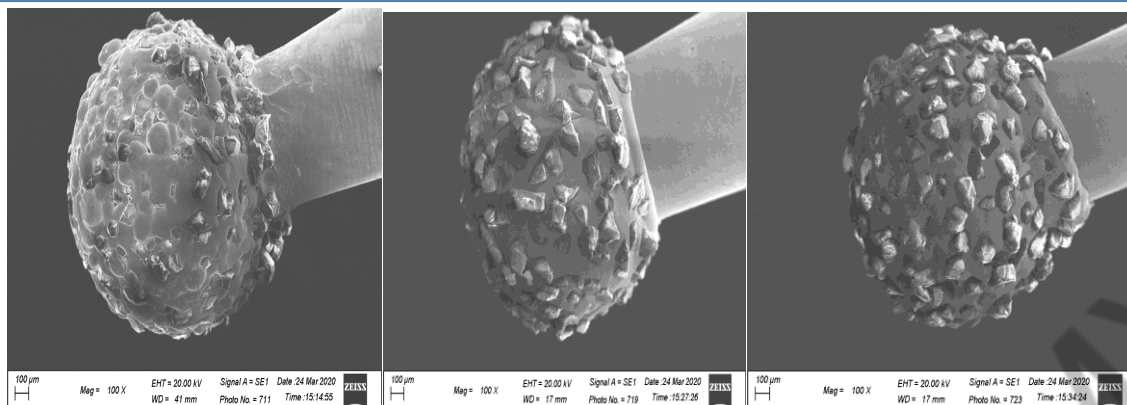


Рис. 4, 5, 6- Бор НП ООО «СИСТЕМА» , бор NTI, бор STRAUSS

Были проведены исследования при большем увеличении после плазменного воздействия, чтоб рассмотреть сами частицы алмаза. Из полученных изображений видно, что в основном месте плазменного удара – это сторона, противоположная держателю головки, т.е. ее торец, происходит частичное выкрашивание алмазных частиц. Особенно отчетливо это видно на образце № 1. Но в основном внешняя структура головок сохраняется. При большем увеличении на электронном микроскопе видно, что на образце № 1 (рисунок 7) происходит вырывание алмазных частиц и «освободившиеся» места заплывают расплавленным никелем, т.е. материалом связки. Но на всех образцах наблюдаются микротрещины, локализованные преимущественно между алмазными частицами. (рисунок 7, 8, 9)

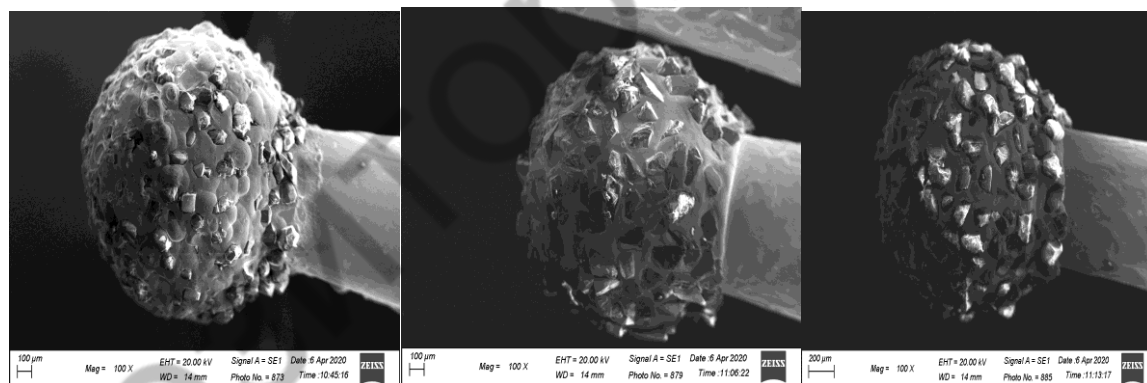


Рис. 7, 8, 9- Боры после плазменного воздействия : бор НП ООО «СИСТЕМА» , бор NTI, бор STRAUSS

С помощью энергодисперсионного микроанализа определили химический состав боров до и после плазменного воздействия. Был выбран участок поверхности на нем выделен участок (спекл), по которому проходил анализ. Далее спектр, из которого видно, что в выделенном участке присутствуют только сигналы от никеля. Таким образом, можно точно говорить о том, что алмазные частицы связываются никелевой матрицей. Аналогичная ситуация наблюдается для всех образцов.

После плазменного воздействия в спектре образца № 1 видно, что появляется дополнительное небольшое присутствие железа (Fe), алюминия (Al) и кремния (Si). Возможно, их появление связано с переплавлением никелевой связки и стальной основы, на которой формировалось алмазное покрытие в никелевой связке. Аналогично такое изменение зафиксировано и на образцах № 2 и 3.

Выводы: таким образом, были установлены достоверные различия в структуре образцов как между собой, так и после воздействия компрессионных плазменных потоков, которые приводят к модификации рабочей поверхности стоматологических боров, заключающейся в формировании мелкокристаллической структуры.

Литература

1. Тестирование электронно-ионно-плазменных методов обработки поверхности силумина / Иванов Ю.Ф., Маркова Е.А., Ласковнев А.П. и др. // Влияние электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов – 2011.– С. 33-40
2. Повышение стойкости твердосплавного инструмента методом предварительной обработки мощным ионным пучком и осаждение нитрид-титанового покрытия / Тарбоков В.А., Ремнев Г.Е., Кузнецов П.В. // Физика и химия обработки материалов. – 2004. –№ 3. С. 11.
3. Модификация титана при воздействии компрессионными плазменными потоками / Асташинский В.М., Углов В.В., Черенда Н.Н., Шиманский В.И. и др. // Белорусская наука– 2016. – 179 с.
4. Термическая стабильность структурно-фазового состава титана, обработанного компрессионными плазменными потоками / В. И. Шиманский, Н. Н. Черенда, В. В. Углов и др. // Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтрон. исслед. – 2018. – № 7. – С. 84-91.
5. Surzhikov A.P., Frangulyan T.S., Ghyngazov S.A., Koval N.N. // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B. 2009. V. 267. P. 1072.
6. Lei M.K., Dong Z.H., Zhang Z. et al. // Surf. Coat. Tech. 2007. V. 201. P. 5613.