

продолжительность времени  $T_p$  между двумя последовательными разрядами составит время порядка 56 мс. При этом значение  $T_p$ , т.е. частота замыкания электрической цепи, должна обеспечивать, во-первых, гарантированное срабатывание шаговых двигателей  $M_1$  и  $M_3$ , а, во-вторых, полную зарядку конденсатора емкостью  $C$  в разрядной цепи. Это время  $\tau$  определяется по известной формуле  $\tau = RC$ , где  $R$  – сопротивление цепи, которое в данном случае определяется, главным образом, сопротивлением токоограничивающего резистора  $R$ , равного 0,52 Ом. Тогда время  $\tau$  при  $C = 400$  мкФ составит 0,21 мс.

Из полученных расчетных данных следует, что продолжительность времени  $T_p$  между двумя последовательными разрядами обеспечивает гарантированное срабатывание шаговых двигателей  $M_1$  и  $M_3$ , а соответственно, поворот заготовки на требуемый угол и осевое перемещение электрода-инструмента на заданную величину, а также полную зарядку накопительного конденсатора в разрядной цепи.

Управление работой этих шаговых двигателей осуществляется с помощью специально разработанного программируемого электронного блока, который позволяет осуществлять процесс обработки поверхности имплантата в автоматическом режиме с обеспечением рациональных режимов ее модифицирования. При этом основное время выполнения операции  $T_0$  при длине рабочего хода  $L_p = 25$  мм и продольной подаче  $S_{пр} = 2,9$  мм/мин составляет 8,5 мин. В состав вспомогательного времени  $T_v$  входят затраты времени на установку и снятие имплантата  $T_{у.с.}$ , время на перемещение электрода-инструмента в исходное положение  $T_{пер.}$  и время на управление установкой  $T_{уст.}$ .

Экспериментально установлено, что  $T_{у.с.} = 0,25$  мин,  $T_{пер.} = 0,08$  мин и  $T_{уст.} = 0,10$  мин. Таким образом, оперативное время  $T_{оп.}$  выполнения операции модифицирования поверхности имплантата ( $T_{оп.} = T_{о.} + T_{в.}$ ) составит 8,93 мин. Если принять подготовительно-заключительное время  $T_{п.з.}$  равным нулю (для крупносерийного производства), то производительность работы установки будет составлять – 9 имплантатов в час.

С учетом полученных данных по техническому нормированию разработана технология модифицирования поверхности винтовых титановых стоматологических имплантатов на данной установке.

#### Литература

1. Вильямс, Д.Ф. Имплантаты в хирургии / Д.Ф. Вильямс, Р. Роуф; пер. с англ. Е. В. Колпакова. – М. : Медицина, 1978. – 552 с.
2. Jarcho, M. Calcium phosphate ceramics as hard tissue prosthetics / M. Jarcho // *Clinical Orthopaedics a. Related Research*. – 1981. – Vol. 157, № 6. – P. 259–278.
3. Киселев, М.Г. Особенности формирования следов обработки на поверхности титанового образца при однократном электроконтактном воздействии на нее проволочным электродом-инструментом / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, П.С. Богдан, С.Г. Мониц // *Наука и техника*. – 2013. – №2. – С.23–27.
4. Влияние методов обработки поверхности титановых имплантатов на физико-химические и биохимические характеристики их поверхности / М. Г. Киселев [и др.] // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2008. – Т. 13, № 2. – С. 70–75.

УДК 621.9.048

### МЕТОДИКА ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПИЛИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА С НАПЛЫВАМИ МЕТАЛЛА, ПОЛУЧЕННЫМИ НА ГЛАДКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА, В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Киселев М.Г., Богдан П.С., Ямная Д.А., Давыдова К.А.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Результатами ранее проверенных исследований [1-3] установлено, что за счет воздействия на гладкую металлическую поверхность электрическими разрядами ей можно придать режущую способность. Достигается это за счет того, что в результате электрической эрозии на ней формируются лунки по форме близкие к сферической, которые имеют по краям наплывы (валики) металла, выходящие за исходный контур поверхности, как показано на рисунке 1. Именно эти наплывы металла выполняют роль своеобразных режущих элементов, которые при распиливании способны

снимать стружку с поверхности материалов, уступающих по твердости металлу наплывов. Важно подчеркнуть, что геометрические параметры формируемых лунок, включая форму и размеры образовавшихся по их краям наплывов металла определяются условиями и режимами выполнения операции электроэрозионного модифицирования поверхности, в частности, энергией электрического разряда, наличия и свойств применяемой диэлектрической жидкости [4, 5]. Отсюда следует, что путем варьирования режимов и условий электроэрозионного модифицирования

поверхности, можно за счет изменения формы и размеров образовавшихся напыльвов соответствующим образом влиять на условия их взаимодействия с обрабатываемым материалом в процессе его распиливания. В этой связи, цель данной работы заключалась в разработке методики физического моделирования условий взаимодействия обрабатываемого материала с напыльвами металла, полученными на гладкой поверхности инструмента в результате ее электроэрозионного модифицирования.

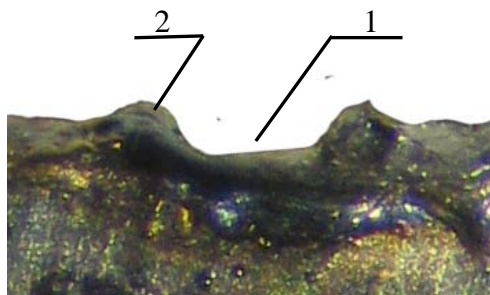


Рисунок 1 – Фотография единичной лунки, полученной на поверхности стальной штрипсы (1 – лунка; 2 – напыльв металла)

В качестве модели инструмента, в частности, штрипсы использовались полосы из латуни шириной 20 мм, длиной 150 мм и толщиной 5 мм. Для моделирования напыльвов металла на ее поверхности применялись стальные шайбы наружным диаметром 16, внутренним 9 и толщиной 2 мм. При этом наружный и внутренний диаметры шайбы и ее толщина в масштабе 50:1 соответствовали диаметру напыльвов по краю лунки, ее диаметру и высоте напыльвов. Предварительно путем механической обработки наружной кромке шайбы с ее одной стороны придавалась скругленная, как у напыльвов металла по краю лунки, форма с различным радиусом скругления. Затем с помощью эпоксидной смолы шайба своей плоской поверхностью закреплялась на поверхности латунной пластины, как и показано на рисунке 2.

Изучение условий взаимодействия напыльвов металла на поверхности пластины с обрабатываемым материалом проводилось с помощью специально созданного устройства, схема которого и фотография общего вида представлена на рисунке 3. Оно состоит из неподвижного кронштейна 1, на котором закрепляется пластина с шайбой 2; горизонтальных направляющих 3, на которых неподвижно устанавливается образец обрабатываемого материала 4. От электродвигателя РД-09 со встроенным редуктором посредством передачи винт-гайка направляющая получает поступающее перемещение с очень малой скоростью. Предварительно, путем регулировочных

перемещений в вертикальном направлении пластины с шайбой на кронштейне, устанавливается необходимая глубина резания. Непосредственно процесс взаимодействия рабочей кромки шайбы (модель напыльва металла) с материалом образца фиксировалась с помощью видеокамеры. После окончания процесса взаимодействия образца с рабочей поверхностью шайбы, он снимался и с помощью микроскопа ММИ-2 исследовались характер и параметры полученного на нем следа обработки при различной форме рабочей части шайбы. В качестве примера, на рисунке 4 представлена фотография следа обработки, полученного на поверхности гипсового образца при взаимодействии с острой кромкой шайбы (а) и со скругленной кромкой (б).

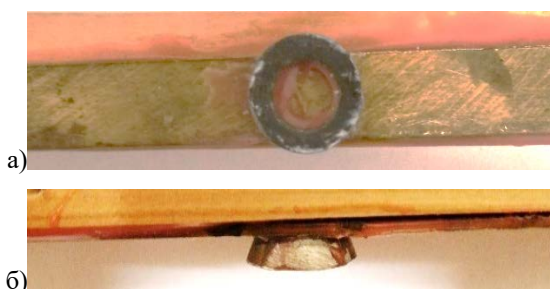


Рисунок 2 – Фотография пластины с закрепленной на ней шайбой: а – вид сверху, б – вид сбоку

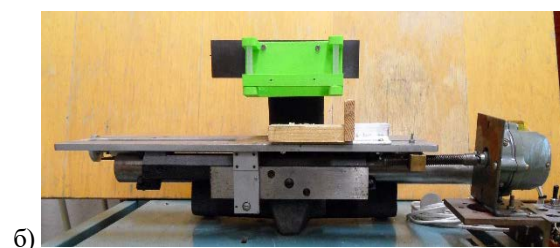
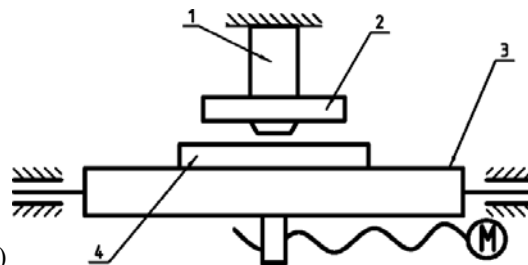


Рисунок 3 – Принципиальная схема (а) и фотография (б) устройства для изучения условий взаимодействия напыльвов металла на поверхности пластины с обрабатываемым материалом

Как видно, в первом случае след на поверхности образца формируется в результате резания с образованием элементов стружки, а во-втором – главным образом за счет его деформирования с образованием мелкодисперсных продуктов разрушения.

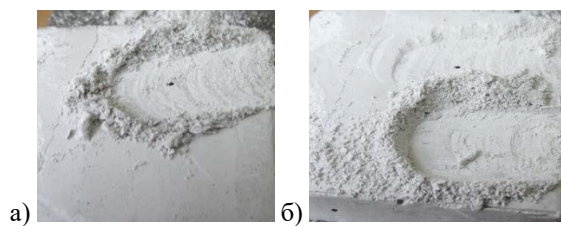


Рисунок 4 – Фотографии следа обработки на поверхности гипсового образца при взаимодействии с острой кромкой шайбы (а) и со скругленной кромкой (б)

Таким образом, разработанная методика и созданные аппаратные средства позволяют осуществлять физическое моделирование условий взаимодействия обрабатываемого материала с наплывами металла, полученными на гладкой поверхности инструмента в результате воздействия электрических разрядов.

1. Киселев М.Г., Дроздов А.В., Москаленко А.В., Богдан П.С. Эффективность применения электроэрозионной обработки поверхности проволочного инструмента с целью придания

ей режущей способности // Вестник Полоцкого государственного университета. № 11, 2013. – С. 73–77.

2. Киселев М.Г., Дроздов А.В., Габец В.Л., Богдан П.С. Экспериментальная оценка режущей способности штрипса с модифицированной поверхностью // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – № 3. – С. 64–68.

3. Киселев М.Г., Дроздов А.В., Богдан П.С., Сентемова Д.В. Влияние скорости вращения рабочей поверхности отрезного диска в процессе ее электроэрозионной обработки на режущую способность инструмента // Механика машин, механизмов и материалов. – 2016. – №2. – С. 58–62.

4. Артамонов, Б.А. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов: в 2 т. – М.: Высш. шк., 1983. – Т. 1: Обработка материалов с применением инструмента. – 247 с.

5. Коваленко В. С. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. – Киев: Вища школа, 1975. – 236 с.

УДК 621.9.048

### МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗУБНОГО БОРА ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ЕГО ИЗНОШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Киселев М.Г., Богдан П.С., Семенкович В.П.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Цель данной работы заключалась в экспериментальном исследовании влияния электроэрозионной обработки (модифицирования) изношенной рабочей поверхности стального и твердосплавного зубных боров на восстановление ее режущей способности.

Согласно ГОСТ 22090.1-93 «Инструменты стоматологические вращающиеся» для стальных боров полный установленный ресурс машинного времени должен быть не менее 9 минут, а для твердосплавных – не менее 40 минут. Следует подчеркнуть, что изношенные боры, т.е. утратившие в силу износа зубьев режущую способность в дальнейшем не используются, а утилизируются.

Вместе с тем, результатами предшествующих исследований [1-3] показано, что путем электроэрозионной обработки (модифицирования) исходной гладкой поверхности инструментов (проволока, штрипса, отрезной диск), применяемых для распиливания различных материалов, ей можно придать режущую способность. Достигается это за счет того, что при воздействии на механическую поверхность единичного электрического разряда на ней формируется лунка (рисунок 1) по форме близкая

к сферической, по краям которой образуются наплывы металла, выходящие за исходный контур поверхности.

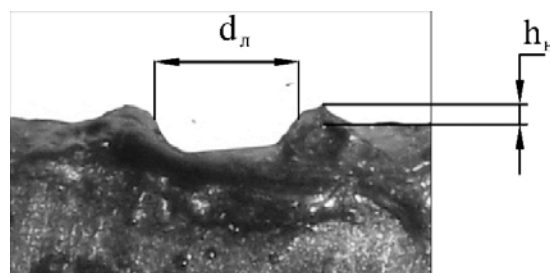


Рисунок 1 – Фотография единичной лунки сбоку, полученной на поверхности диска, с указанием ее основных элементов

Именно эти наплывы представляют собой своеобразные режуще-деформирующие элементы, способные в процессе обработки разрезать материал заготовки, твердость которого ниже твердости металла наплывов. При этом с возрастанием энергии электрического разряда высота этих наплывов металла  $h_n$ , выполняющих роль зубьев, увеличивается, что придает модифицированной поверхности более высокую режущую способность.