

Литература

1. Многокомпонентные диффузионные карбидные покрытия на железо-углеродистых сплавах: монография / Л. Г. Ворошнин [и др.]. – Минск: БНТУ, 2007. – 470 с.
2. Кем, А. Ю. Исследование процесса образования диффузионного слоя на спеченном материале ЖГр2 / А. Ю. Кем // Порошковая металлургия. – 1978. – № 5. – С. 41–46.
3. Кем, А. Ю. Опыт получения и свойства составных порошковых изделий / А. Ю. Кем // Порошковая металлургия. – 1983. – № 10. – С. 96–99.
4. Кукушкин, С. А. Процессы конденсации тонких пленок / С. А. Кукушкин, А. В. Осипов // Успехи физ. наук. – 1998. – Т. 168, № 10. – С. 1083–1116.
5. Лифшиц, Е. М. Теория конденсированного состояния / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М.: Физматлит, 2004. – 496 с.
6. Кем, А. Ю. Процессы спекания и фрактальность поверхности порошковых материалов / А. Ю. Кем // Физика и химия обработки материалов. – 2010. – № 6. – С. 56–61.
7. Будаев, В. П. О фрактальной структуре осажденных пленок в токамаке / В. П. Будаев, Л. Н. Химченко // Журн. эксперим. и теорет. физики. – 2007. – Т. 131, вып. 4. – С. 711–728.
8. Бриллиантов, Н. В. Диффузионно-лимитированный рост поверхностных структур. Влияние фрактальной размерности на кинетику роста / Н. В. Бриллиантов // Поверхность. Физика, химия, механика. – 1989. – № 12. – С. 30–36.
9. Mandelbrot, B. Fractals: Form, chance and dimension / B. Mandelbrot. – San Francisco: Freeman, 1977. – P. 64.

СПОСОБ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ ПРОВОЛОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ-ИНСТРУМЕНТОМ

М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, С. Г. Монич

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

В настоящее время тазобедренные, коленные, стоматологические имплантаты изготавливают из стали, технически чистого титана, сплавов титана составов Ti6Al4V и Ti6Al7Nb, VT1-0, литых и холоднокованых кобальт-хром-молибденовых и кобальт-хром-никель-молибденовых сплавов [1]. В процессе изготовления

металлических имплантатов, как правило, используется пескоструйная обработка их поверхностей, что улучшает остеоинтеграцию костных тканей с поверхностью металлического имплантата. При этом на краях образованных лунок формируются острые кромки, что в результате нагрузок, действующих на помещенный в тело пациента имплантат, может приводить к истиранию поверхности костной ткани, с которой он контактирует.

Поэтому для повышения биомеханических характеристик поверхность металлических имплантатов предлагается подвергать модификации путем использования электроконтактной обработки, являющейся разновидностью электроэрозионной обработки металлов и отличающейся от нее тем, что формирование электрических разрядов между поверхностями электрода-инструмента и обрабатываемой заготовки, вызывающих их разрушение, происходит за счет периодического прерывания между ними механического контакта. При этом использование электроконтактной обработки (ЭКО) вызывает формирование лунок со скругленными краями, параметрами которых можно управлять за счет локального ударного воздействия в момент электрической эрозии.

При выполнении этой операции в качестве устройства, обеспечивающего периодический разрыв контакта между электродом-инструментом и обрабатываемой поверхностью заготовки, авторами использовался электромеханический вибратор (рис. 1), состоящий из электродвигателя постоянного тока I с встроенным редуктором (МН-145А), который устанавливался на призму 5 и на валу которого с помощью оправки 2 консольно закреплены проволочные электроды-инструменты 3 , имеющие в свободном состоянии длину L .

Обрабатываемая поверхность заготовки 4 размещалась относительно вращающейся оправки с натягом, т. е. на расстоянии h , когда при контактном взаимодействии с ней проволочного инструмента происходит упругая

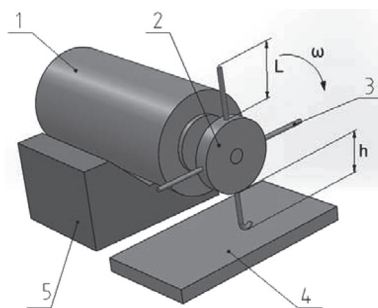


Рис. 1. Общий вид электромеханического вибратора

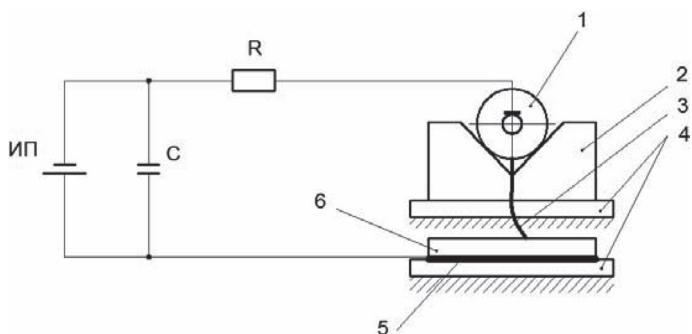


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки, примененной в исследовании

деформация последнего, максимальная величина которой соответствует натягу δ и определяется как $\delta = L - h$.

В ходе обработки было установлено, что при таком методе микрорельеф определяется условиями и интенсивностью протекания этих двух процессов.

Как показал анализ литературных данных [2, 3], при такой обработке удаление материала с поверхности заготовки происходит в результате как электрической эрозии, так и механического воздействия электрода-инструмента.

Для успешного использования такой обработки в процессах изготовления металлических имплантатов необходимо располагать данными, отражающими влияние электрических и механических параметров на условия формирования на ней микрорельефа. С этой целью была разработана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 2.

На массивном основании 4 смонтирована установочная призма 2, изготовленная из диэлектрика, в которой закреплен электродвигатель постоянного тока 1 электромеханического вибратора. Титановый образец 6 (сплав ВТ1-0) диаметром 30 мм и толщиной 5 мм, имеющий полированные плоские поверхности, с помощью сменных металлических прокладок 5 неподвижно устанавливается на основание установки. За счет изменения толщины прокладок обеспечивается необходимая величина натяга про-

волочного электрода инструмента 3. В качестве последнего используется закаленная стальная проволока диаметром 0,3 мм, имеющая свободную длину $L = 15$ мм.

В процессе экспериментов на оправке электромеханического вибратора закреплялся соответствующий проволочный электрод-инструмент. Затем с помощью металлических прокладок образец устанавливался в положение, при котором обеспечивалась необходимая величина натяга инструмента относительно обрабатываемой поверхности, составлявшая величину от 3 до 6 мм, после чего при разомкнутой электрической цепи на накопительном конденсаторе задавалась величина напряжения U , изменявшегося от 18 до 72 В. Затем включался электродвигатель, обеспечивающий вращение электрода-инструмента частотой 1 Гц. После однократного его взаимодействия с полированной поверхностью образца электродвигатель останавливался, затем образец переустанавливался в горизонтальной плоскости с таким расчетом, чтобы следующее взаимодействие с инструментом происходило на новом участке его полированной поверхности. В одной серии экспериментов это взаимодействие происходило на воздухе, а во второй с применением в качестве диэлектрической жидкости дистиллированной воды, которая капельно наносилась на поверхность образца, – в месте ее контакта с электродом-инструментом. После завершения экспериментов с варьированием исследуемых параметров ЭКО титановый образец снимали, тщательно промывали. Затем с помощью микроскопа МК-3 проводили исследование и фотографирование следов обработки на поверхности титанового образца для дальнейшего анализа.

На рис. 3 представлены фотографии поверхности образца металлического имплантата, обработанного с применением проволочного элемента в воздушной среде.

Принципиально они отличаются формой начальной (головной) части следа I , которая образуется в результате удаления металла с поверхности образца за счет электрической эрозии, в частности, с круглой (рис. 3, *a*) и продолговатой (рис. 3, *б*) фор-

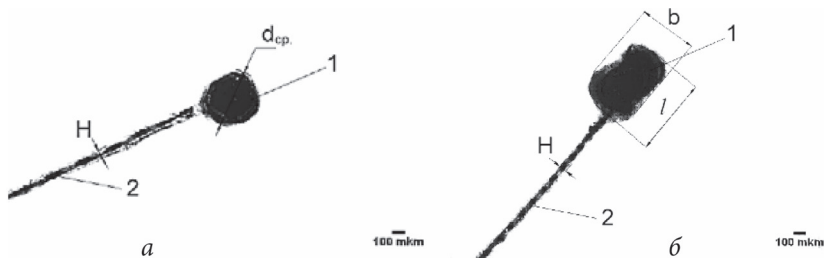


Рис. 3. Фотографии характерных видов следов обработки на поверхности титанового образца: *a* – в воздушной среде; *б* – в водной среде

мами. Последующая (хвостовая) часть следа 2 формируется в результате механического (фрикционного) взаимодействия электрода-инструмента с поверхностью образца за время их контактирования. Для удобства анализа и количественной оценки следов обработки на рис. 3 обозначены их параметры, значения которых определялись в ходе проведения экспериментов: $d_{\text{ср}}$ – средний (в двух сечениях) диаметр окружности; b – ширина следа; l – его длина; H – ширина хвостовой части следа обработки.

В таблице приведены основные параметры, полученных следов обработки при различных условиях проведения экспериментальных исследований (δ – величина натяга).

Основные параметры следов обработки

В воздушной среде	В водной среде
$U = 18 \text{ В}, \delta = 2 \text{ мм}$	
$d_{\text{ср.}} = 314\text{--}428 \text{ мкм}$ $H = 26\text{--}27 \text{ мкм}$	$b = 171\text{--}271 \text{ мкм}$ $l = 214\text{--}286 \text{ мкм}$ $H = 26\text{--}27 \text{ мкм}$
$U = 72 \text{ В}, \delta = 5 \text{ мм}$	
$d_{\text{ср.}} = 357\text{--}368 \text{ мкм}$ $H = 39\text{--}42 \text{ мкм}$	$b = 214\text{--}314 \text{ мкм}$ $l = 300\text{--}385 \text{ мкм}$ $H = 37\text{--}40 \text{ мкм}$

Из сравнительного анализа полученных экспериментальных данных установлено, что при прочих равных условиях обработ-

ка на воздухе обеспечивает значительно большую по сравнению с применением дистиллированной воды площадь головной части следа S и несколько увеличенную ширину его хвостовой части H , что свидетельствует о более эффективном воздействии на металлическую поверхность образца как электрической, так и механической энергии.

Следовательно, при ЭКО металлической поверхности проволочным электродом-инструментом за счет изменения условий ее выполнения можно целенаправленно влиять на вид и параметры получаемых на ней следов обработки, а следовательно, на микрорельеф модифицированной поверхности заготовки.

Таким образом, в ходе проведения экспериментальных исследований разработано устройство и способ ЭКО металлических поверхностей проволочным электродом-инструментом. В результате установлено, что на обработанной поверхности формируются направленные следы обработки, которые имеют скругленные кромки, что в результате нагрузок, действующих на помещенный в тело пациента имплантат, может способствовать повышению износостойкости поверхности костной ткани, с которой он контактирует.

Литература

1. *Савич, В. В.* Модификация поверхности титановых имплантатов и ее влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах / В. В. Савич, Д. И. Сарока, М. Г. Киселев, М. Г. Макаренко; под науч. ред. В. В. Савича. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 244 с.

2. *Киселев, М. Г.* Модификация исходной поверхности проволочного инструмента с целью придания ей режущей способности путем применения электроконтактной обработки / М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, А. В. Москаленко, П. С. Богдан // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2012. – № 1 (34).

3. *Киселев, М. Г.* Применение электроконтактной виброударной обработки для модификации образцов титановых имплантатов / М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, В. А. Борисов // Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка: сб. докл. Междунар. симп. – Минск, 2011. – С. 53–57.