

режущей способности путем применения электроконтактной обработки / М. Г. Киселев [и др.] // Вестник Белорусско-Российского университета. - 2012. - Т. 34, № 1. - С. 13-22.

4. Методика и оборудование для оценки режущей способности проволочного инструмента / М. Г. Киселев [и др.] // Метрология и приборостроение. - 2012. - Т. 56, № 1. - С. 23-25.

УДК 621.792

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТОВ НА ЕЕ УДЕЛЬНУЮ ЕМКОСТЬ ПЛАЗМОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

Киселев М.Г., Дроздов А.В., Мониц С.Г., Миранович А.С., Багдюн А.А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Наряду с высокой степенью смачиваемости поверхности имплантата биологическими жидкостями, для обеспечения благоприятных условий его интеграции в организме человека необходимо, чтобы она при этом обладала высокой емкостью по отношению к ним. В этой связи, важно получить данные, отражающие влияние параметров шероховатости поверхности образцов металлических имплантатов в результате ЭЭО на значение ее емкости при взаимодействии с биологическими жидкостями.

В настоящее время для определения удельной емкости, в частности, маслосъемности поверхности трения используются два основных способа. Один из них [4], заключается в том, что на исследуемую поверхность трения наносят дозированную каплю масла и раскатывают по исследуемой поверхности с помощью ролика. По толщине масляного пятна, полученного после прокатки, определяют степень маслосъемности поверхности. Однако этот способ весьма неточен, так как невозможно абсолютно точно дозировать каплю масла и обеспечить постоянное усилие прижатия ролика по всей контролируемой поверхности, что сказывается на площади отпечатка, а, следовательно, на толщине пленки.

Второй способ [5] основан на определении скорости самопроизвольного растекания масляного пятна, образующегося между исследуемой поверхностью и прозрачной пленкой с отверстием и делениями, прижатой к ней.

Приведенные два способа обладают тем недостатком, что позволяют оценить удельную емкость косвенно, что повышает погрешность ее измерения.

Предлагаемая методика определения удельной емкости поверхности предусматривает последовательное выполнение следующих действий: измерение начальной массы образца  $m_1$  с исследуемой поверхностью, установку образца в приспособление для центрифугирования, нане-

сение на неподвижную исследуемую поверхность жидкости, выполнение процедуры центрифугирования образца, снятие образца и измерение его конечной массы  $m_2$ . Приращение массы образца ( $\Delta m = m_1 - m_2$ ) соответствует массе жидкости, удержанной на его исследуемой поверхности. Зная плотность жидкости  $\rho$  и  $\Delta m$ , вычисляется ее объем  $V$ , который определяет удельную емкость данной поверхности:

$$V = \frac{\Delta m}{\rho \cdot S}$$

Рабочая поверхность образца представляет собой кольцеобразную дорожку шириной 7,5 мм и площадью номинальной поверхности равной  $S = 412 \text{ мм}^2$ . Для принятых размеров масса образца не превышает 19 г, что позволяет использовать для его взвешивания прецизионные весы, в частности, *Ohaus* с верхним пределом измерения 180 г и ценой деления  $10^{-7}$  г.

На рисунке 1а представлена схема, поясняющая процедуру проведения центрифугирования. Для ее выполнения используется электродвигатель постоянного тока 1 (ДМ-10-6А), установленный в вертикальном положении валом вверх. На нем неподвижно устанавливается оправка 2, в которой закрепляется предварительно взвешенный образец 3.

При выключенном электродвигателе с помощью пипетки на его исследуемую поверхность наносится капля жидкости 4. После этого включается электродвигатель с плавным в течении 4 секунд увеличением частоты вращения вала до значения 800 мин. По истечении 5 секунд работы двигателя на этой частоте, он отключается, образец снимается с оправки и взвешивается. На рисунке 2в представлена фотография общего вида созданного устройства для центрифугирования образцов. В результате выполнения этой процедуры излишки жидкости с исследуемой поверх-

ности образца удаляется, а оставшаяся ее часть в виде тонкого слоя 5 задерживается на ней. Объем этой части жидкости характеризует емкость исследуемой поверхности, соответствующую данным условиям ее центрифугирования.

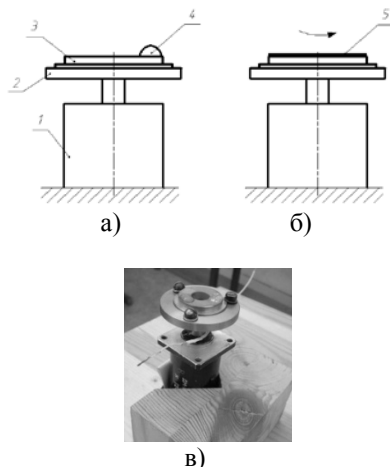


Рисунок 1 – Схема центрифугирования (а, б) и фотография устройства для центрифугирования образца (в)

С использованием методики центрифугирования получены экспериментальные данные (рисунок 2) влияния способа обработки поверхности образцов на значение ее удельной емкости  $q$  при взаимодействии с различными жидкостями, в частности, с водой, 0,9% физраствором хлорида натрия и плазмой крови человека, которые, соответственно, имеют плотность 1,0; 1,01 и 1,026 г/мл.

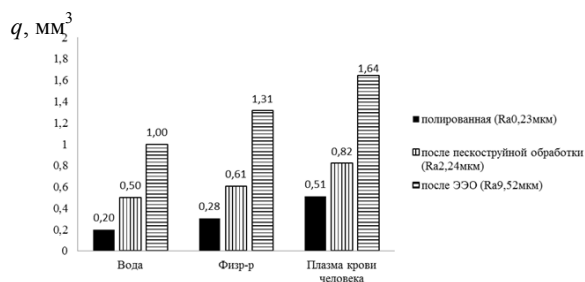


Рисунок 2. – Диаграмма зависимости удельной емкости  $q$  модифицированной тремя способами поверхности образца при взаимодействии с различными жидкостями

Исследуемые поверхности образцов обрабатывались тремя способами: полированием ( $Ra = 0,23$  мкм), пескоструйной ( $Ra = 2,24$  мкм) и электроэрозионной обработкой ( $Ra = 9,52$  мкм).

Из анализа приведенных данных следует, что наименьшим значением удельной емкости  $q$  по отношению ко всем используемым жидкостям характеризуется полированная поверхность образцов. В сравнении с ней пескоструйная обработка поверхности образцов приводит к увеличению ее удельной емкости по отношению ко

всем примененным жидкостям. В частности, для плазмы крови человека, значение  $q$  увеличилось в 1,3 раза. У поверхности образцов после ЭЭО это увеличение составило в 1,62 раза. Следует отметить, что во всех случаях с повышением плотности взаимодействующей с поверхностью образца жидкостью значение  $q$  возрастает, что можно объяснить увеличением их вязкости.

Как известно [2], удельная емкость поверхности зависит от длины  $L$  границы раздела между ней и жидкостью. Поэтому полированная поверхность образцов, характеризующаяся малым значением шероховатости поверхности, обладает минимальной удельной емкостью. В результате пескоструйной обработки шероховатость поверхности образцов увеличивается, соответственно, возрастает значение параметра  $L$ , что сопровождается повышением ее удельной емкости. Наибольшей шероховатостью характеризуется поверхность образцов, подвергнутая ЭЭО, что определяет ее наибольшую из сравниваемых образцов емкость. Также следует отметить, что повышению удельной емкости поверхности образцов после ЭЭО, способствует наличие на ней множества лунок, по форме близкой к сферической и имеющих по краям наплывы металла, которые в совокупности выполняют роль своеобразных микрокарманов (микроратеров), способствующих удержанию на ней жидкости [2].

На основании обобщенного анализа результатов проведенных исследований установлено, что наилучшей смачиваемостью биологическими жидкостями, в частности, плазмой крови человека, и наибольшей удельной емкостью по отношению к ней обладает поверхность образцов металлических имплантатов после ее ЭЭО на режимах, обеспечивающих формирования на ней шероховатости с высотными параметрами  $Ra = 9,52-10,30$  мкм и  $Rz = 48,0-52,6$  мкм и шаговым параметром  $Sm = 425-510$  мкм.

1. Киселев, М.Г. Методика и аппаратные средства определения емкости поверхности способом центрифугирования взаимодействующей с ней жидкости / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, С.Г.Монич // Метрология приборостроения. – 2013. – №4. – С.29–34.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик // М.: Наука. – 1972. – 702с.
3. Кузнецов В.П., Дмитриева О.В. Моделирование и исследование формирования плосковершинного микрорельефа поверхностей трения со смазочными микрокарманами при многоцелевой обработке деталей. «Известия Томского политехнического университета» №2. – Томск. – 2011.
4. Морозенко Б.Н., Проволоцкий А.Е., Андреев Б.И., Пасько Л.П. Определение маслоемкости

- поверхностей трения. «Вестник машиностроения», 1974, №2, с.48-49.
5. Радионенко А.В. Способ определения маслостойкости поверхности трения. Патент SU 985549. Оpubл. 30.12.1982.
  6. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик // М.: Наука. – 1972. – 702с.
  7. Theisen W, Schuermann A. Electro discharge machining of nickel–titanium shape memory alloys. Mater Sci Eng A. 2004;378:200–204
  8. Chen SL, Yan BH, Huang FY. Influence of kerosene and distilled water as dielectrics on the electric discharge machining characteristics of Ti–6Al–4V. J Mater Process Technol. 1999;15:107–111
  9. Wang ZL, Lee HG, Aspinwall DK, Dewes RC, Aspinwall EM. Workpiece surface modification using electrical discharge machining. Int J Mach Tools Manuf. 2003;43:121–128
  10. Wang ZL, Fang Y, Wu PN, Zhao WS, Cheng K. Surface modification process by electrical discharge machining with a Ti powder green compact electrode. J Mater Process Technol. 2002;129:139–142.

УДК 621.792

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО ИМПЛАНТАТА С ЧАСТИЧНЫМ РЕГУЛЯРНЫМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ ПРИ ЕЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКЕ

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

*Белорусский национальный технический университет**Минск, Республика Беларусь*

В технологии изготовления металлических имплантатов важным заключительным этапом является операция модификации их поверхностей с целью придания им такого микрорельефа, параметры которого обеспечивают наибольший уровень прочностных и биомеханических показателей при их взаимодействии с тканями организма. В настоящее время для этого в основном используется пескоструйная, гидроабразивная и дробеструйная обработка поверхности имплантатов [1,2]. Характерным для них является то, что получаемая на обработанной поверхности шероховатость имеет произвольное направление неровностей. Однако эти способы обработки имеют ограниченные технологические возможности с точки зрения формирования шероховатости модифицированной поверхности с большими значениями ее высотных и шаговых параметров, а также не позволяют получать поверхности с регулярным микрорельефом. По этой причине на сегодня недостаточно изученными остались вопросы влияния таких значений указанных параметров шероховатости модифицированной поверхности металлических имплантатов на их эксплуатационные показатели [1-2].

Для получения таких данных, в первую очередь, необходимо определить рациональный способ модификации поверхности, обеспечивающий формирование на ней шероховатости с широким диапазоном варьирования ее высотных и шаговых параметров, а также получения на ней регулярного микрорельефа.

Цель данной работы определить зависимость между параметрами микрорельефа модифицированной поверхности и режимами ее электрокон-

тактной обработки (ЭКО) с использованием проволочного электрода-инструмента.

На рисунке 1 представлена технологическая схема ЭКО цилиндрической поверхности образца металлического имплантата с использованием проволочного электрода-инструмента. Обрабатываемый цилиндрический образец 4 закрепляется в цанговом патроне станка. От привода станка он получает равномерное вращательное движение вокруг своей оси с частотой  $n_{об}$ . На поперечном суппорте станка смонтирован электромагнит 1, корпус которого электрически от него изолирован.

На оправке электромагнита неподвижно закреплен проволочный электрод-инструмент 3, имеющие свободную длину  $L$ . Предварительно, за счет регулировочных перемещений электродвигателя в поперечном направлении, он устанавливается в положение, при котором взаимодействие обрабатываемой поверхности образца с вращающимся проволочным элементом протекает в условиях упругого деформирования последнего. Наибольшее значение этой деформации определяется величиной предварительно установленного натяга  $\delta = L - k$ . Для обработки цилиндрической поверхности образца на всю требуемую длину электродвигателю с закрепленными на его валу инструментами сообщается продольная подача  $S_{п.п.}$ . Электрическая схема включает в себя источник питания постоянного тока ИП, токоподводящие контакты 2, накопительный конденсатор  $C$ , включенный параллельно контактирующим поверхностям проволочного электрода-инструмента и образца, а также последовательно подключенного им токо-