

Модифікація поверхні медичних імплантів мікрооксидуванням титанових матриць зміцнених карбідом титану

Модификация поверхности медицинских имплантов микрооксидированием титановых матриц упрочненных карбидом титана

Surface Modification of Titanium Carbide Reinforced Titanium Matrix Medical Implants via Micro-arc Oxidation.

## АННОТАЦИЯ

Среди существующих способов производства порошковая металлургия является предпочтительным методом по следующим параметрам: получение высококачественной продукции, низкой себестоимости товара и доступности исходных материалов. Этот способ производства состоит из двух основных этапов: прессования и спекания. В процессе спекания, частицы соединяются друг с другом при нагреве, образуя жесткие скелеты.

Титан и его сплавы имеют превосходные механические свойства, такие как: высокая стойкость при значительных температурах, низкая плотность, хорошая коррозионная стойкость и биосовместимость, может занять широкую область применения. Наиболее важной характеристикой, что делает титан и его сплавы совместимым для биомедицинских применений, является слой диоксида титана ( $TiO_2$ ), сформированный на поверхности материала. Для формирования слой диоксида титана на поверхности титана и его сплавах существует несколько популярных технологий: золь-гель покрытия; химическое осаждение из паровой фазы; распыление и плазменное распыление.

В последние 40 лет процесс микродугового окисления становится наиболее популярной технологией модификации поверхности титановых сплавов. Сравнение различных способов нанесения покрытий, в том числе и процесса микродугового окисления, последний является наиболее предпочтительным из-за следующих преимуществ: выше толщина слоя, более высокая прочность сцепления с матрицей, пористосая структура, низкая стоимость и экологичность технологии.

В этой дипломной работе, титановые матричные композиты армированные карбидом титана производились методом горячего изостатического прессования. После горячего изостатического прессования, композиты спекались при 1300 °С в течение 150 минут и, далее производился процесс микродугового окисления. По сравнению с горячим изостатическим прессованием, в процессе спекания уменьшается плотность в то время как твердость и износостойкость композитов увеличивается. После процесса микродугового окисления (МДО) были получены на поверхности композитов пористые слои оксида в форме анатаза и рутила толщиной 5 мм, что делает их более биологически активными композитами.

По результатам проведения экспериментов на микродуговое окисление, в зависимости от твердости, износостойкости и биосовместимости, оптимальные свойства 30% проявляют матричные композиты с 30 % TiC.

## SUMMARY

Powder metallurgy is the preferred production method among the various handling technologies because of the production of high quality, low cost and near net shaped components. This production method consists of two main steps: pressing and sintering. During sintering, particles were bonded to each other by applying heat treatment via sintering process.

Titanium and its alloys, which have superior mechanical properties involving good resistance at high temperatures, low density, good corrosion resistance and biocompatibility, can take a large application area. The most important property which makes titanium and its alloys suitable for biomedical applications, is the titanium dioxide layer formed on the surface of the material. There are a lot of processes to form titanium dioxide layer on the surfaces of titanium and its alloys. Sol-gel coating, chemical vapour deposition, ion sputtering and plasma spraying are the most popular processes. In last 40 years, micro arc oxidation process can take place as an attractive surface modification technique for titanium alloys. According to the other coating methods, this process is preferred because of its advantages including higher layer thickness, higher adhesion strength, porosity structure, low cost and friendliness to the environment.

In this study, titanium carbide reinforced titanium matrix for medical implants were produced via hot isostatic press technique. After isostatic hot pressing, composites

were sintered at 1300<sup>0</sup>C for 150 minutes and were subjected to micro arc oxidation process after sintering. Compared to hot isostatic press, sintering process reduced density of the composites while increasing hardness and wear resistance. Porous oxide layers were generated in the form of anatase and rutile, with 5 μm thickness on the surfaces of composites after the MAO process which makes the composites more bioactive. Depending on the hardness, wear resistance and bio-compatibility, optimum properties were obtained from the micro arc oxidized 30 % titanium carbide reinforced titanium matrix composite.

#### 4 ВЫВОДЫ

1 Проведен анализ современного состояния изготовления медицинских имплантантов. Показано, что перспективным является изготовление имплантантов методами порошковой металлургии и последующее упрочнение их поверхности оксидированием.

2 Изучено влияние дополнительной термической обработки горячепрессованных образцов на их структуру и свойства. Показано, что применение дополнительной термической обработки приводит к увеличению пористости и уменьшению плотности. Увеличение количества TiC в микроструктуре способствует увеличению плотности изделий.

3 Изучено влияние метода получения образцов на их некоторые механические характеристики. Показано, что у обоих, как горячепрессованных, так и после дополнительного спекания композитов, значения твердости возрастают с увеличением количества TiC. Спеченные композиционные получили гораздо больше, чем значение твердости горячего прессования композитов. Дополнительно спеченные композиты, имеют более высокую твердость, чем композиты после горячего прессования.

4 Изучен процесс микродугового микрооксидирования имплантантов. Показано, что на поверхности пористого композита формирует оксидный слой толщиной около 5 мкм, содержащий анатаз и рутил. Оксидный слой является биоактивным и увеличивает коррозионную стойкость материала к истиранию, в целом. В исследованиях биологической активности в имитаторе жидкости тела для образцов после микродугового оксидирования, особенно для сплавов 30%

TiC заметны значительные осаднения гидроксиапатита.

## 4 CONCLUSIONS

1 The analysis of the current state of manufacturing medical implants. It is shown that promising is manufacture implants by powder metallurgy and subsequent hardening of the surface oxidation.

2 The effect of extra heat treatment of hot samples on their structure and properties. It is shown that the use of an additional heat treatment leads to an increase of porosity and reduction of density. Increasing the amount of TiC in the microstructure increases the density of the products.

3 The effect of the method of obtaining samples on some of their mechanical characteristics. It is shown that oboh as hot-and after additional sintering composites hardness increases with increasing amounts of TiC. Sintered composite gained much more than the hardness of hot pressing composites. Additionally, sintered composites have a higher hardness than the composites after hot pressing.

4 The process of micro micro arc oxidation implants that it was shown that the surface of the porous composite oxide layer forms about 5 mm thick containing anatase and rutile. The oxide layer is bioactive and increases the corrosion resistance of the material to wear in generaly. In studies of biological activity in the simulated body fluid samples after micro-arc oxidation, especially for alloys 30% TiC noticeable considerable deposition of hydroxyapatite.