

УДК 616-77

Лукін А.А. студент 2-го курсу спеціальності 132 Матеріалознавство
Науковий керівник: Науменко О.Г., старший викладач кафедри механічної та біомедичної інженерії
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАЗМО-КЕРАМІЧНОГО ПОКРИТТЯ В ЕНДОПРОТЕЗУВАННІ

Ендопротезування — це складна і високотехнологічна галузь медицини, яка потребує застосування новітніх матеріалів для забезпечення довготривалості та ефективності імплантатів. Одним із найбільш перспективних підходів є використання плазмо-керамічних покриттів на поверхні імплантатів.

Плазмо-керамічне покриття – це вторинне, або додаткове покриття, яке наноситься на металеву основу виробу, в нашому випадку на імплантат, з метою збільшення твердості, корозійної стійкості, біосумісності, остеоінтеграції та зменшення тертя, і тим самим збільшення терміну експлуатації суглоба.

Знос і корозія є основними проблемами в тотальному ендопротезуванні, що впливають на термін служби ортопедичних виробів з металів і сплавів, які використовуються в якості імплантатів. Відомо, що наявність біологічних рідин дозволяє металевим імплантатам вивільняти іони металів, які можуть накопичуватися в прилеглих тканинах або транспортуватися в інші частини тіла. Саме з цим пов'язані проблеми, що стосуються канцерогенності, алергії, місцевої токсичності тканин, запалення, генотоксичності. Завдяки високій твердості плазмо-керамічного покриття вивільнення іонів металів з підкладки в організм значно зменшується та створюється фізичний бар'єр між імплантатом і навколишнім середовищем [1].

Залежно від призначення та сфери використання покриття може мати різний склад. Оскільки нас цікавить медична сфера, а саме ендопротезування, біокераміка, яка є основним компонентом покриття, буде складатися з оксиду алюмінію (Al_2O_3), оксиду цирконію (ZrO_2) та гідроксилапатиту [2].

Оксид алюмінію (Al_2O_3) – це один з найбільш поширених матеріалів для керамічних покриттів. Додається з метою збільшення твердості, і тим самим зменшення тертя; збільшення корозійної стійкості [2].

Оксид цирконію (ZrO_2) – це матеріал, який додається до складу біокераміки, щоб збільшити стійкість до тиску, окрім цього він підвищує корозійну стійкість, і має гарну біосумісність. Але використання оксиду цирконію (ZrO_2) як самостійного компонента не доцільне. Оскільки він потребує стабілізуювальний елемент. Цим елементом може бути оксид або ітрію. Без стабілізуювального матеріалу чистий оксид цирконію (ZrO_2) нестабільний і крихкий [3],[4].

Слід зазначити, що оксид цирконію (ZrO_2) має гарні антибактеріальні властивості, а саме здатність до культури клітин та їх проліферації. Культура клітин – це здатність матеріалу імітувати природні умови, забезпечуючи клітини поживними речовинами, факторами росту та відповідними фізичними параметрами. Проліферація клітин – це здатність клітин до поділу та збільшення їхньої кількості. Це важливо, оскільки дозволяє зменшити ризик інфекції пов'язаних з біоматеріалом [4],[5].

Гідроксилапатит – це мінерал, який є основою кісток та зубів. Додається до складу біокераміки у вигляді порошку. Сприяє остеоінтеграції та забезпечує міцне з'єднання між імплантатом та природною кісткою [6].

Одним із методів нанесення плазмо-керамічних покриттів є плазмове напилення (рис.1) [7]. Це технологія, яка дозволяє створювати щільні й міцні покриття, що забезпечують надійний захист матеріалів в екстремальних умовах експлуатації [7],[8].

Плазмове напилення проходить наступним чином: матеріал покриття вводиться у формі порошку або дроту в струмінь плазми при температурі від 10 000 до 15 000 °С.

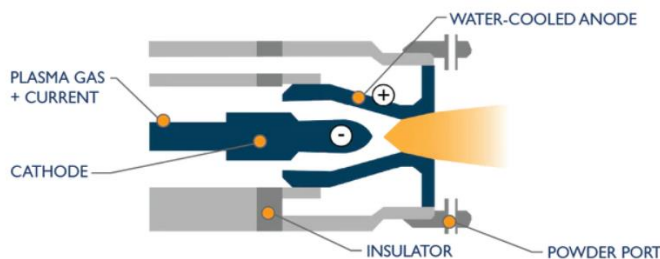


Рисунок 1 - Схема плазмового напилення покриття

Під дією високих температур частинки матеріалу плавляться і осаджуються на поверхні ретельно очищеної підкладки. Там розплавлені краплі сплющуються, швидко тверднуть, утворюючи тонке, рівномірне покриття [7],[8].

Висновок. Застосування плазмо-керамічних покриттів в ендопротезуванні дозволяє підвищити довговічність і надійність імплантатів. Використання таких покриттів на металевих імплантатах збільшує їхню твердість, корозійну стійкість, біосумісність і остеointegraцію, що знижує ризик вивільнення іонів металів і пов'язані з цим ускладнення. Основними компонентами плазмо-керамічного покриття є оксид алюмінію, оксид цирконію та гідроксилапатит, які забезпечують стійкість до зносу, високу міцність і сприяють інтеграції з кістковою тканиною. Технологія плазмового напилення дозволяє створювати міцні, рівномірні покриття, які ефективно захищають імплантати в умовах інтенсивної експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Retrieval Analysis of Titanium Nitride Coatings for Orthopaedic Implants [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883540324006879#fig1>
2. Bioceramic [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bioceramic#Biocompatibility>
3. Цирконієві коронки – що це? ⇒ Плюси та мінуси [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dnipro.dentaltech.com.ua/blog/czyrkoniyevi-koronky-shho-cze/>
4. Biological and mechanical enhancement of zirconium dioxide for medical applications [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272884219330949#:~:text=Zirconium%20dioxide%20is%20also%20recorded,adhesion%20between%20the%20biomedical%20implants.>
5. Antibacterial Surface Treatment for Orthopaedic Implants [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4159828/>
6. Гідроксилапатит [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%82>
7. Plasma Spray [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://htscoatings.com/pages/plasma-spray>
8. Thermal spraying [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_spraying#High_velocity_oxygen_fuel_spraying_\(HV_OF\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_spraying#High_velocity_oxygen_fuel_spraying_(HV_OF))